



Université Badji Mokhtar – Annaba.

Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Mer.



Laboratoire d'Ecobiologie des Milieux  
Marins et Littoraux

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat

Option: Bioressources Marines.

Thème:

# Étude de la biologie de la sardine *S. pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes Est- Algérienne.

Présenté par M<sup>elle</sup> BOUHALI Fatma Zohra

Sous la direction du Pr. DJEBAR Abdallah Borhane

Université Badji Mokhtar - Annaba.

## Devant le jury

Pr. BENSOUILAH Mourad	Président	Université Badji Mokhtar - Annaba.
Pr. DERBAL Farid	1 <sup>er</sup> Examineur	Université Badji Mokhtar - Annaba.
Pr. AMARA Rachid	2 <sup>ème</sup> Examineur	Université du Littoral Côte d'Opale - France.
Pr. RAMDANE Zouhir	3 <sup>ème</sup> Examineur	Université Abderahmane Mira – Béjaia

## **Remerciements**

*C'est pour moi un devoir agréable que de rendre hommage aux personnes qui m'ont orientée et aidée, me permettant de mener à bien ce travail.*

*En premier lieu,*

Je remercie **Monsieur Djebbar Abdallah Borhane** Professeur de l'Enseignement Supérieur à Université Badji Mokhtar d'Annaba et mon Directeur de thèse. Je tiens à le remercier pour m'avoir guidée dans cette thèse, pour tous les conseils et les informations précieuses qu'il m'a fait passer au cours des discussions des résultats des différentes parties de ce travail, pour sa gentillesse et pour sa simplicité. Je le remercie de m'avoir soutenue et aidée pour mener mon travail à bien. Qu'il soit assuré de mes plus vifs remerciements et de ma profonde reconnaissance.

Je remercie Monsieur **Bensouilah Mourad** Professeur, Directeur du Laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et littoraux à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury. Je le remercie aussi pour son aide précieuse, ses orientations et ses remarques pertinentes. Malgré ses lourdes responsabilités, il a constamment répondu présent. Je tiens également à le remercier aussi pour son accueil au sein du laboratoire où j'ai pu réaliser l'ensemble de mes travaux de recherche.

Je tiens à remercier vivement Monsieur **Derbal Farid** Professeur et Chef de Département des Sciences de la Mer à Université Badji Mokhtar d'Annaba, pour s'être intéressé à mon travail et pour avoir accepté pour sa part de l'examiner en siégeant au sein de ce jury. Qu'il me soit permis de lui exprimer ma sincère reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma vive gratitude à Messieurs **Amara Rachid** Professeur à Université du littoral Côte d'Opale à Dunkerque et Directeur de la Maison de la Recherche en Environnement Naturel de Wimeraux et **Ramdane Zouhir**, Maître de conférences à l'Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, qui ont répondu favorablement à notre invitation pour s'associer au jury de soutenance en qualité d'examineurs.

Je remercie beaucoup Madame **Lechekhab Chahnaz**, Maître de conférences au sein de la Faculté de médecine à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba pour m'avoir initiée aux diverses techniques d'histologie. Sa disponibilité et sa gentillesse ont rendu possible la réalisation des coupes histologiques des gonades.

Merci également à mes collègues du département des Sciences de la mer, particulièrement au Docteur **Bougamou Naima et Zaidi Raouf** pour leurs précieuses aides durant les périodes d'échantillonnage.

Merci à mes camarades de post graduation **Souad, Sara, Nadia, Mounira, Nadira, Assia, Nacima, Hadjer, Fatma, Amina, Sandra, Aicha, Rabier, Issam, Ibrahim, Hamdi, Soufiane**.

Merci aux techniciens des laboratoires au sien du département de sciences de la mer merci a **Wahiba, Zahia, Soraya et Amel**.

Enfin, que serait-on sans nos familles? Alors du fond du cœur merci à mon père, ma mère sans qui je ne serais arrivée jusqu'ici. Merci à mes adorables frères (Yacine, Ayachi, khaled, Abdou) et sœurs Mina et Meriem pour leur soutien, leur confiance et leur présence. Mes nièces Sarah, Israa et Tasnime.

Merci aussi à ceux que j'ai certainement oublié!

# Sommaire

Liste des acronymes

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Résumé français.

Abstract.

Résumé en arabe.

<b>1. Introduction</b> .....	01
<b>2. Matériel et méthodes</b> .....	07
2.1. Présentation de la zone d'étude .....	07
2.2. Localisation des sites d'échantillonnage .....	07
2.2.1. Le port de pêche d'Annaba .....	08
2.2.2. Le port de pêche d'El-kala .....	09
2.3. Présentation de la sardine <i>Sardina pilchardus</i> .....	11
2.3.1. Position systématique .....	11
2.3.2. Appellations de la sardine <i>S. pilchardus</i> .....	11
2.3.3. Caractéristiques de <i>S. pilchardus</i> .....	11
2.4. Méthodologie morphométrique .....	12
2.4.1. Comptage des paramètres méristiques .....	13
2.4.2. Technique de mensuration des paramètres métriques .....	14
2.5. Techniques d'analyses statistiques .....	14
2.6. Identification du dimorphisme sexuel .....	15
2.7. Calcul d'âges et croissance .....	17
2.7.1. Détermination d'âge .....	17
2.7.2. Détermination de la croissance .....	17
2.7.2.1. Croissance linéaire absolue .....	17
2.7.2.2. Croissance relative ou relation taille-poids .....	18
2.7.2.3. Croissance pondérale absolue .....	19
2.8. Étude de la reproduction .....	20
2.8.1. Calcul de la sex-ratio .....	20
2.8.2. Technique d'identification des stades de développement sexuel .....	20
2.8.2.1. A l'échelle macroscopique .....	20
2.8.2.2. A l'échelle microscopique .....	21
2.8.3. Calcul de Rapport Gonado-Somatique (RGS) .....	24
2.8.4. Calcul de Rapport Hépat-Somatique (RHS) .....	24
2.8.5. Estimation de l'adiposité .....	25
2.8.6. Calcul du coefficient de condition K .....	25
2.8.7. Calcul de la taille à la 1 <sup>ère</sup> maturité sexuelle .....	26
2.8.8. Fécondité absolue et fécondité relative .....	26
2.9. Techniques d'étude du régime alimentaire .....	27
2.9.1. Technique d'échantillonnage .....	27
2.9.2. Prélèvement et conservation des tubes digestifs .....	27
2.9.3. Méthodes analytiques .....	28
2.9.3.1. Analyse qualitative .....	28
2.9.3.2. Analyse quantitative .....	28
2.9.3.2.1. Coefficient de vacuité (Cv%) .....	28
2.9.3.2.2. Fréquence d'une proie (F%) .....	28
2.9.4. Etude histologique du tube digestif .....	28
<b>3. Résultats</b> .....	29
3.1. Morphométrie .....	29
3.1.1. Caractères méristiques .....	29
3.1.2. Caractères métriques .....	30
3.1.3. Dimorphisme sexuel .....	32

3.2. Age et croissance.....	32
3.2.1. Détermination de l'âge.....	34
3.2.2. Croissance.....	34
3.2.2.1. Croissance linéaire absolue.....	34
3.2.2.2. Croissance relative ou taille-poids.....	36
3.2.2.3. Croissance pondérale absolue.....	38
3.3. Reproduction.....	40
3.3.1. Sex-ratio et états sexuels en fonction: saisons, mois et tailles.....	40
3.3.2. Histologie des gonades.....	42
3.3.3. Rapport gonado-somatique.....	45
3.3.4. Rapport hépato-somatique.....	46
3.3.5. Adiposité.....	46
3.3.6. Coefficient de condition K.....	47
3.3.7. Taille à la 1 <sup>ère</sup> maturité sexuelle.....	48
3.3.8. Fécondité absolue et fécondité relative.....	49
3.4. Régime alimentaire.....	52
3.4.1. Analyse qualitative.....	52
3.4.1.1. Diversité des proies ingérées.....	52
3.4.2. Analyse quantitative.....	52
3.4.2.1. Coefficient de vacuité.....	52
3.4.2.2. Fréquence global des proies.....	53
3.4.2.3. Fréquence mensuels des proies.....	54
3.4.2.4. Variations saisonnières du régime alimentaire.....	55
3.4.2.5. Diversité globale et mensuelles des Copépodes.....	57
3.4.3. Étude histologique du tube digestif.....	58
3.4.3.1. Histologie de l'œsophage.....	58
3.4.3.2. Histologie des cæca pyloriques.....	58
3.4.3.3. Histologie de l'estomac.....	58
3.4.3.4. Histologie du foie.....	58
3.4.3.5. Histologie des intestins.....	58
<b>4. Discussion.....</b>	<b>60</b>
<b>5. Conclusion et perspectives.....</b>	<b>75</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>78</b>
Annexes 1, 2, 3, 4.....	92
Annexes 5, 6.....	93
Annexes 7, 8.....	94
Annexes 9, 10, 11.....	95
Annexes 12, 13, 14.....	96
Annexes 15, 16, 17.....	97
Annexes 18, 19, 20.....	98
Annexes 21, 22, 23.....	99
Annexes 24, 25.....	100
Annexes 26, 27.....	101
Annexe 28 (Communications).....	102
Annexe 29 (Article 1).....	108-118
Annexe 30 (Article 2).....	119-132

## Liste des acronymes

**CIESM:** Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée.

**CHU:** Centre Hospitalier Universitaire.

**COPEMED:** Projet de Coopération en matière de Pêche en Méditerranée (projet à financement espagnol sous l'égide de la FAO).

**CNEPRU:** Centre National des Etudes et de la Promotion de la Recherche Universitaire.

**CNRDPA:** Centre National de Documentation et d'Etudes pour la Pêche et l'Aquaculture.

**DPRHA:** Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques d'Annaba.

**EGPP:** Entreprise de gestion des Ports de Pêche.

**FAO:** Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

**FEM:** Fond pour l'Environnement Mondial.

**LEA:** Littoral Est Algérien.

**MESRS:** Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

**MPRH:** Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

**PNUE:** Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

**PNR:** Projet national de recherche.

**PP:** petits pélagiques.

**ML:** mètre linéaire.

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Caractéristiques du port de pêche d'Annaba.	11
02	Capacités du port de pêche d'Annaba.	11
03	Caractéristiques du port de pêche d'El kala.	13
04	Capacités du port de pêche d'El Kala.	13
05	Stades de développement macroscopique des gonades de <i>S. pilchardus</i> .	25
06	Représentation des caractères de dimorphisme sexuel.	38
07	Représentation des résultats de la clé âge-longueur de la population totale de <i>S. pilchardus</i> .	38
08	Représentation des résultats de la clé âge-longueur des femelles de <i>S. pilchardus</i> .	38
09	Représentation des résultats de la clé âge-longueur des mâles de <i>S. pilchardus</i> .	38
10	Les paramètres estimés du modèle de Von Bertalanffy.	38
11	Les paramètres de modèle de la croissance pondérale absolue.	42
12	Caractérisation de l'échantillon de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	44
13	Représentation des différents 5 stades de maturation sexuelle des ovaires de <i>S. pilchardus</i> basée sur des caractéristiques cyto-histologiques.	47
14	Relations fécondité moyenne en fonction de divers paramètres chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du LEA.	54
15	Comparaison des valeurs des caractères numériques chez <i>S. pilchardus</i> dans le monde.	65
16	Représentation récapitulative et comparaison des principaux âges chez la sardine dans différentes régions du monde.	67
17	Comparaison des résultats de la relation taille-poids de <i>S. pilchardus</i> dans différentes régions.	69
18	Taille de la 1 <sup>ère</sup> maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) de <i>S. pilchardus</i> dans différentes régions de la Mer Méditerranée et d'Océanie Atlantique.	72
19	Fécondité de la sardine <i>S. pilchardus</i> dans quelques zones géographiques.	75
20	Compositions du contenu stomacal de la sardine et d'autres clupéidés dans différentes localisations.	78

## Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Schéma de la commercialisation de la sardine dans les ports d'Annaba et d'El kala.	4
02	Carte du monde montrant l'aire de répartition de la sardine (Fisher et <i>al.</i> , 1987).	8
03	Carte montrant les limites géographiques des lieux de pêche de <i>S.pilchardus</i> de LEA.	10
04	Vue générale (a) du port de pêche d'Annaba (b) image satellitaire google earth (2015).	12
05	Vue générale (a) du port de pêche d'El kala (b) image satellitaire google earth (2015).	13
06	Photographies montrant la morphologie externe de <i>S. pilchardus</i> , Walbaum, (1792) (x1).	16
07	Photographies montrant les caractères numériques étudiés chez <i>S. pilchardus</i>	17
08	Schéma montrant les différentes mesures prises sur <i>S. pilchardus</i> .	18
09	Valeurs des caractères numériques chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du LEA.	33
10	Variations du coefficient d'allométrie chez la population totale (A), les femelles (B), les mâles (C) et les individus immatures (D).	35
11	Distribution des fréquences de taille chez les populations totales (A), de femelles (B) et de mâles (C) de sardine <i>S. pilchardus</i> pêchée dans LEA.	37
12	Représentation des croissances linéaires observées et accroissements linéaires théoriques chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) de <i>S. pilchardus</i> .	39
13	Représentation des variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-poids chez la population totale de <i>S. pilchardus</i> de LEA.	40
14	Représentation des variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-poids chez les femelles de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	41
15	Représentation des variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-poids chez les mâles de <i>S. pilchardus</i> de LEA.	41
16	Représentation de la croissance théorique et de l'accroissement pondérale théorique chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (c) de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	43
17	Structure de la population de <i>S. pilchardus</i> échantillonnée dans les eaux du LEA.	44
18	Représentation de la structure saisonnière de la population de <i>S. pilchardus</i> échantillonnée dans les eaux du LEA.	45
19	Structure mensuelle de la population de <i>S. pilchardus</i> dans les eaux du LEA.	45
20	Variations de la sex-ratio en fonction de la taille chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du LEA.	46
21	Représentation histologique des 5 stades de maturité cellulaire d'ovaires de <i>S. pilchardus</i> .	48
22	Evolution mensuelle du RGS chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du LEA.	49
23	Représentation de l'évolution mensuelle du RHS chez <i>S. pilchardus</i> dans le LEA.	50
24	Représentation de l'évolution mensuelle de l'adiposité chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du LEA.	51
25	Fluctuations mensuelles du coefficient de condition K chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du LEA.	52
26	Taille à la 1 <sup>ère</sup> maturité sexuelle chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	53
27	Relations entre la fécondité absolue et la longueur totale (a), le poids totale (b), poids éviscéré (c) et poids des gonades (d) chez <i>S. pilchardus</i> .	55
28	Evolution mensuelle du coefficient de vacuité (Cv %) chez <i>S. pilchardus</i> des côtes du LEA.	56
29	Evolution saisonnière du coefficient de vacuité (Cv %) chez <i>S. pilchardus</i> des côtes du LEA.	57
30	Fréquence global des taxons ingérés par <i>S. pilchardus</i> .	58
31	Fréquence mensuel des taxons ingérés par <i>S. pilchardus</i> .	59
32	Fréquence saisonnier des taxons ingérés par <i>S. pilchardus</i> .	60
33	Diversités globales des Copépodes ingérés par <i>S. pilchardus</i> des côtes de LEA.	61
34	Diversités mensuelles des Copépodes ingérés par <i>S. pilchardus</i> des côtes de LEA.	61
35	Photomicrocopique montrant la structure du tractus digestif chez la sardine.	63

## Résumé

Les poissons pélagiques sont les espèces les plus dominantes dans les captures en Algérie, ils constituent une des ressources les plus abondantes. La sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) est l'espèce la plus exploitée sur nos côtes elle représente une importante valeur socio-économique, d'où l'intérêt impératif d'établir une stratégie adéquate pour son exploitation de manière rationnelle et durable.

Nous nous sommes intéressés à l'identification des populations de sardines des côtes Est Algériennes en utilisant une approche globale combinant à la fois la morphométrie et la biologie de l'espèce. Sur un cycle annuel de juillet 2010 à juin 2011, nous avons échantillonné 2266 spécimens de *S. pilchardus*.

La morphologie a été caractérisée grâce à 19 critères, 15 métriques et 4 méristiques. Une corrélation très significative a été retrouvée pour l'ensemble des paramètres métriques par rapport aux longueurs totale ou céphalique. Dans tous les cas, l'isométrie de croissance domine chez la population totale avec 66,66%, les femelles avec 53,33% et les individus immatures 53,33%. Les résultats des paramètres numériques indiquent des valeurs proches ou égales de celles rapportées par la littérature. Des caractères de dimorphisme sexuel ont été mis en évidence.

L'âge et la croissance ont été estimés par la méthode indirecte grâce au logiciel FISAT II selon Gaynanilo et *al.*, (2004). Une croissance rapide définie par les 2 paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938),  $L_{\infty} = 20,21\text{cm}$  et  $K = 0,51\text{an}^{-1}$  chez la population totale,  $L_{\infty} = 18,64\text{cm}$  et  $K = 0,67\text{an}^{-1}$  pour les mâles et  $L_{\infty} = 19,16\text{cm}$  et  $K = 0,4\text{an}^{-1}$  pour les femelles. La croissance relative est de type allométrie majorante avec  $b = 3,1$ . La longévité est d'environ 3 ans et une sex-ratio globalement en faveur des femelles avec 1,26;  $\chi^2 = 25,77$ .

Le Rapport Gonado-Somatique et l'examen macro et microscopique des gonades nous ont permis de situer la période de reproduction entre octobre et mars. La taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle chez les mâles et les femelles est respectivement de 11,5 et 11,28 cm alors que la fécondité absolue moyenne des femelles est estimée à 2572 entre 17195 œufs. La fécondité relative moyenne globale des femelles étant de  $325,37 \pm 142,48$  œufs/g.

Le régime alimentaire de *S. pilchardus* du LEA est essentiellement planctophage, différentes proies ont été identifiées dans les contenus d'estomacs: Copépodes, Amphipodes, Décapodes, Ostracodes, larves de poissons et larves de Mollusques. Les copépodes sont les proies essentielles représentant une fréquence F de 84% en nombre de proies prises et rencontrées dans 70% des sardines examinées. 5 espèces de copépodes sont notamment bien représentées dans l'alimentation: *Paracalanus* sp, *Oncaea* sp, *Centropages* sp, *Corycaeus* sp, *Temora stylif*.

**Mot-clés:** *Sardina pilchardus*, biologie, Est Algérien, Méditerranée.

## Abstract

The pelagic fishes are the species most prevalent in the Algerian catches; they constitute one of the most abundant resources. The sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) is the species most exploited on our coasts it represents an important socio-economic value, or the interest imperative to establish an adequate strategy for its exploitation of ways rational and sustainable.

We are interested in the identification of sardines' populations in the East coast of Algeria (ECA) by using a comprehensive approach combining both morphometric and the biology of the species. On an annual cycle of July 2010 to June 2011, we sampled 2266 specimens of *S. pilchardus*.

The morphology is characterized grace to 19 criteria, 15 metric and 4 meristics characters. A very significant correlation was found for all the metric parameters compared to total lengths or cephalic one. In all cases, the isometry of growth dominates among the total population with 66.66 %, females with 53.33 % and immature individuals 53.33 %. The results of the numerical parameters indicate values close or equal to those reported by the literature. The characters of sexual dimorphism have been highlighted.

The age and growth have been estimated by the indirect method through the software FISAT II according to Gaynanilo *et al.*, (2004). A rapid growth defined by the 2 parameters of the equation of von Bertalanffy (1938),  $L_{\infty} = 20.21$  cm and  $K = 0.51$  year<sup>-1</sup> among the total population,  $L_{\infty} = 18.64$  cm and  $K = 0.67$  yr<sup>-1</sup> for males and  $L_{\infty} = 19.16$  cm and  $K = 0.4$  year<sup>-1</sup> for females. The relative growth is positive allometry with  $b = 3.1$ . Longevity is approximately 3 years and the sex ratio is generally in favor of females with 1.26;  $\chi^2 = 25.77$ .

The Gonado-Somatic Index, the macro and microscopic examination of gonads has enabled us to limit the period of reproduction between October and March. The size at the 1<sup>st</sup> sexual maturity in males and females is respectively 11.5 and 11.28 cm. The absolute fertility average of females was estimated at 2572 between 17195 eggs. The relative fertility overall average of females is  $325, 37 \pm 142, 48$  of eggs/g.

The diet of *S. pilchardus* in ECA is essentially planktivorous different prey species have been identified in the contents of stomachs: Copepods, Amphipods, Decapods, Ostracods, fish larvae and larvae of Molluscs. The copepods are the essential prey they represent a frequency F of 84% by number of prey taken and encountered in 70% of sardines examined. 5 species of copepods were particularly well represented in the power supply: *Paracalanus* sp, *Oncaea* sp, *Centropages* sp, *Corycaeus* sp, *Temora stylif*.

**Keywords:** *Sardina pilchardus*, biology, East Algerian, Mediterranean.

## ملخص

الأسماك البحرية من أكثر الأنواع المهيمنة في الصيد البحري الجزائري، وهي من أكثر الموارد وفرة. السردين (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) هو احد الأنواع الأكثر وفرة في شواطئنا، حيث يمثل أهمية كبرى من الناحية الاجتماعية و الاقتصادية، و لذلك فمن المهم وضع إستراتيجية ملائمة للإستخدام الرشيد والمستدام لهذا المورد.

في هذه الدراسة اهتمنا بتحديد هوية فئة السردين على سواحل شرق الجزائر باستخدام نهج شامل يجمع بين البنية المرفولوجية والبيولوجية لهذا النوع و ذلك خلال دورة سنوية امتدت من جويلية 2010 إلى جوان 2011. أين حصلنا على 2266 عينة، تسعة عشرة معيار خصصت لدراسة مورفولوجيا *Sardina pilchardus* خمسة عشر منها متري و أربع معايير عددية. أظهرت هاته المعايير المترية ارتباطا كبيرا للغاية مع الطول الإجمالي أو طول الرأس. في جميع الحالات، النمو التوافقي هو المهيمن بالنسبة لجميع العينات (66,66%)، بالنسبة للإناث، هذه النسبة قدرت ب (53,33%) أما بالنسبة للعينات الغير ناضجة فالنتيجة كانت (53,33%). النتائج المتحصل عليها بالنسبة للمقاييس العددية كانت قريبة أو تساوي تلك التي أجريت في العديد من مناطق العالم، بالنسبة لبعض الخصائص، تم تسجيل التباين الجنسي بوضوح.

العمر و النمو قدرا بطريقة غير مباشرة باستعمال برنامج ( FISAT II (Gaynanilo et al., 2004).  
من خلال متغيرات معادلة Von Bertalanffy (1938) تم تسجيل نمو سريع بالنسبة لجميع العينات.

-جميع العينات:  $L_{\infty} = 20.21 \text{ cm}$  et  $K = 0.51 \text{ an}^{-1}$

-عند الذكور:  $L_{\infty} = 18.64 \text{ cm}$  et  $K = 0.67 \text{ an}^{-1}$

-عند الإناث:  $L_{\infty} = 19.16 \text{ cm}$  et  $K = 0.4 \text{ an}^{-1}$

فيما يخص النمو النسبي، فإن الوزن ينمو أسرع من الطول، مع  $b = 3,1$ . قدرت مدة الحياة بحوالي 3 سنوات ونسبة الجنس المهيمنة سجلت من طرف الإناث ( $\chi^2 = 25,77$ ).

RGS، الفحص البصري و المهجري للمبيض بينوا أن موسم التكاثر لهذا النوع يمتد من شهر أكتوبر إلى غاية شهر مارس. الطول عند أول بلوغ جنسي يبلغ 11,5 سم عند الذكور و 11,28 سم عند الإناث. بينما قدر معدل الخصوبة المتوسطة المطلقة بين 7382 و 4122 بيضة. أما فيما يخص معدل الخصوبة المتوسط بالنسبة لجميع العينات فقد قدر ب  $142,48 \pm 325,37$  بيضة/ غ.

السردين على سواحل شرق الجزائر يتغذى على العوالق البحرية. فرائس مختلفة تم تحديدها داخل محتوى المعدة :  
مجدافيات، مزدوجات الأرجل، عشاريات الأرجل، الصدفيات، يرقات الأسماك والرخويات.

تمثل المجدافيات الفرائس الرئيسية ممثلة ب 84% من مجموع الفرائس الأخرى، و قد عثر عليها في 70% من مجموع العينات المدروسة. 5 أنواع من المجدافيات بوجه خاص تعتبر غذاء أساسيا للسردين:

*Oncaea* sp, *Centropages* sp, *Corycaeus* sp, *Temora stylifer*. *Paracalanus* sp

الكلمات المفتاحية : *Sardina pilchardus*، بيولوجيا، شرق الجزائر، البحر الأبيض المتوسط.

## 1. Introduction.

Selon le rapport publié par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2013) en juillet 2012, la filière pêche et de l'aquaculture a produit 148 millions de tonnes de poisson en 2010, dont 128 Mt pour la consommation humaine, soit 18,4 kilogrammes par personne, malgré la surexploitation des espèces, une tendance à la hausse. 131 Mt sont destinées à l'alimentation (+2,3%). Et cette hausse devrait continuer dans les années à venir. Avec les progrès technologiques (congélation de la ressource, bateaux performants, utilisation des radars et des satellites) et la demande de consommation de poissons qui s'est accrue dans les pays développés, la consommation de poisson a augmenté de 2% par an dans les pays occidentaux. Le poisson est la seconde source de protéine la plus consommée. Globalement, l'offre générale de poisson a enregistré une hausse record en 50 ans, avec un taux moyen de croissance de 3,2% pour la période 1961-2009 alors que la population mondiale n'a progressé que de 1,7% sur la même période. 130 millions de tonnes de poissons sont capturées chaque année dans le monde ; cette quantité n'augmente plus depuis plusieurs années et seule la pisciculture permettra de compenser la baisse annoncée des quantités pêchées. Directement ou indirectement, la vie de plus de 500 millions de personnes dans les pays en voie de développement dépend des pêcheries et de l'aquaculture. Selon la FAO en 2010, 2/3 des espèces sont surexploitées dans le monde. On estime qu'une espèce s'effondre quand les prises de pêche ont diminué de 90%, ce qui était le cas de 29% des espèces en 2003. Un petit nombre d'espèces maintiennent la plupart des pêcheries du monde. Ces espèces incluent le hareng, la morue, les anchois, le thon, le flet, le rouget, le calmar, la crevette, le saumon, le crabe, le homard, les huîtres et les coquilles Saint-Jacques. Tous, sauf les 4 derniers, ont assuré une prise mondiale de bien plus de 1.000.000 tonnes en 1999, le Hareng et les Sardines ayant fourni ensemble plus de 22.000.000 tonnes en 1999. Un groupe d'experts de l'Université allemande de Kiel a fait une étude sur la pêche et la désertification en cours des océans : bilan accablant ! Actuellement, seules 3 espèces de poisson sur 54 ont un "stock" à la taille requise, c'est à dire une taille suffisante pour permettre reconstituer ou maintenir la population de poissons. Conclusion, il sera impossible de reconstituer les populations de poissons pour assurer une pêche durable avant 2040 ... et encore, uniquement si on arrête le délire de la surpêche. Dans la revue **Marine Ecology Progress Series**, les chercheurs estiment que la disparition des gros poissons affecte toute la chaîne alimentaire et empêche la régulation des populations par leurs proies habituelles.

La zone méditerranéenne a été classée par le PNUE comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves (Ramade, 1993), alors que la mer Méditerranée est classée parmi les sept mers les plus menacées (Boudouresque, 1996).

Ces préoccupations se justifient aussi bien par les caractéristiques physico-chimiques que culturelles et stratégiques du bassin méditerranéen, berceau des civilisations. La configuration particulière de la mer Méditerranée, caractérisée par l'absence de marée significative et par un taux de renouvellement hydrique très lent, de l'ordre du siècle rend vulnérable tout l'écosystème méditerranéen soumis aux facteurs exogènes dont l'effet direct ou induit se situe à l'origine des risques majeurs en matière de pollution marine. Ce phénomène est aggravé par l'ouverture du canal de Suez qui a eu le double effet d'augmenter les échanges commerciaux par mer au point qu'il représente environ 30 % du trafic mondial pétrolier mondial, et de modifier l'écosystème marin par l'arrivée d'espèces les sepsiennes aux incidences encore mal connues.

A ce titre, les côtes algériennes, partie intégrante de la Méditerranée sont concernées par les préoccupations d'ordre environnemental de l'ensemble de la région. L'une des lacunes majeures de l'Algérie en matière de biodiversité marine est sans conteste l'absence de banques de données. La seule qui existe est un fichier statistique des débarquements de pêches, alimenté par des observateurs au niveau des différents ports de pêche, mais même ces informations sont peu approximatives. A ce titre, un projet de mise en place d'une banque de donnée nationale d'informations liées à l'océanographie biologique, ainsi d'ailleurs qu'un projet SIG pour la diversité biologique marine d'Algérie, ont été proposés par le point focal COPEMED Algérie dans le cadre du COPEMED phase II. Ces deux actions sont inscrites dans le cadre des bases de données communes sur l'information biologique (SPECIESDAB) et de la CIESM (banque de données bibliographiques sur les sciences marines en Méditerranée).

L'Algérie bénéficiait aussi d'un projet financé par le FEM/PNUD (Projet ALG/97/G31) afin d'élaborer une stratégie et un plan d'action national en matière d'utilisation durable de diversité biologique. La partie marine y figure, en raison de son importance dans le patrimoine national, mais aussi et surtout, de la concentration de la population et des activités économiques (agricoles, halieutique, industrielles, touristiques et urbaines) confinées dans une bande côtière de moins de 70 km de largeur. Les travaux menés dans ce cadre ont concerné l'inventaire floristique et faunistique de la partie marine, complétés par des éléments de stratégie axés sur des actions hiérarchisés du point de vue de leur importance et de leur urgence.

En effet, le secteur de la pêche présente une marge de progression et de développement, à même de lui faire jouer un rôle moteur dans la dynamique économique présente et future tant en matière d'entraînement qu'en termes de restructuration, consolidation et promotion d'activités diverses, même relevant d'autres secteurs. Le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques, investit de cette mission de développement socio-économique, inscrit ses programmes, plans, actions et mesures de développement en conformité avec :

- la loi relative à la pêche et à l'aquaculture N° 01.11 du 03 Juillet

2001 qui stipule notamment dans les articles 5 et 6, l'élaboration d'un schéma national de développement des activités de la pêche et de l'aquaculture.

- la loi n°2001.20 du 12 Décembre 2001, relative à l'aménagement et au développement durable du territoire, et notamment ses articles 22 et 32.5

- le programme du gouvernement qui affiche une volonté et une détermination sans précédent quant à une revalorisation et réhabilitation globale du secteur de la pêche.

Le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques inscrit toute sa politique de développement dans cet acte fondateur. L'acte de production prime et guide toute la démarche de développement. Toutefois au regard du caractère spécifique de la ressource halieutique et de la problématique alimentaire, l'adaptation et l'application rigoureuse d'une vision et d'une stratégie, dans le cadre d'une pêche responsable et un développement durable, est primordiale à plus d'un titre. Le schéma national de développement des activités de la pêche et de l'aquaculture vise l'instauration d'une véritable économie de la pêche sur la base d'une re-fondation globale.

La connaissance de la biodiversité marine d'Algérie à travers ses différentes composantes, institutionnelle, législative, organisationnelle mais surtout celle relative au niveau de connaissance et des menaces, constitue sans aucun doute des éléments clés dans la mise en place d'une stratégie de conservation intelligente durable, «rentable» et efficace. Le projet sur la diversité biologique (en général, marine et côtière dans ce contexte), coordonné par le Ministère des Affaires Etrangères (MAE), est piloté sur le terrain par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE). Selon les actions prioritaires retenues, un ensemble d'autres institutions sont mobilisées à cet effet, dans le cadre du Comité Technique National (CTN) sur la diversité biologique marine, comité où sont représentés les différents ministères concernés comme le Ministère de la Défense Nationale (MDN), celui de l'Agriculture (MA), ou encore celui de la Pêche et des Ressources Halieutiques (MPRH). Cet organe est complété par des représentants d'Organismes non Gouvernementaux (ONG) à

vocation écologique et par des médias et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MERS), nous travaux fait partie de cette établissement nous nous sommes intéressé par étude de la biologie de petite pélagique qui ont une importance stratégique pour plusieurs raisons :

- Ces poissons jouent un rôle important pour la sécurité alimentaire. Ils apportent des protéines et autres éléments nutritionnels essentiels à des prix abordables pour les populations à faible pouvoir d'achat.
- Frais mais surtout sous des formes stabilisées (congélation, fumage, séchage artisanal), les petits pélagiques sont relativement facilement transportables et peuvent approvisionner les populations enclavés ou ne disposant pas de ressources halieutiques suffisantes pour approvisionner leurs marchés intérieurs.
- L'exploitation des petits pélagiques permet de soutenir un grand nombre d'emplois que ce soit dans le secteur de la capture, de la transformation ou du négoce.
- Les petits pélagiques sont un des premiers maillons de la chaîne alimentaire marine. Ils servent de nourriture à un ensemble d'espèces de poissons, de mammifères marins et d'oiseaux de mer. Leur abondance peut ainsi conditionner les conditions de survie d'un grand nombre d'espèces. Pour toutes ces raisons plusieurs travaux sont en cours de réalisation sur la biologie, écologie et la gestion de petite pélagique au sien de laboratoire EMMAL de l'Université Badji Mokhtar d'Annaba. Dans notre étude nous nous sommes fixées comme objectif majeur **la Contribution à l'étude de la biologie de la sardine *Sardina pilchardus* (Walaum, 1792) pêchée dans LEA.** La biologie de la Sardine a depuis fort longtemps, sollicité l'attention des naturalistes, mais elle reste encore mal. Connue malgré les nombreuses études dont elle a fait l'objet. Au début du siècle, Dans l'Atlantique comme en Méditerranée, la sardine a fait l'objet de nombreuses études nous citerons:

- pour l'océan Atlantique: Biaz et Rami (1978), Copace (1978), Guerault et Avrilla (1978), Guerault (1980), Idrissi et Zouiri (1985), Bencherifi *et al.*, (1989). Amenzoui K (2010). Bernal M *et al.*, (2007), Coombs (2006), Ettahiri, (2003), Gushchin A.V et Corten A. (2015).

- pour la Méditerranée : les travaux de Fage (1920), Andreu *et al.*, (1950), Mozzi et duo (1959), Lopez (1963), Boulva (1975), Alvarez (1980), Quignard et Kartas (1976), Kartas (1981), Lleonart (1990), Khemiri S (2006), Nikolioudakis *et al.*, (2011), Olivar (2001), Silva (2006). Ces auteurs ont contribué à sa connaissance, ils ont montré l'étroite relation entre les facteurs hydro-climatiques et l'origine de la production zooplanctonique nécessaires à la

nutrition de la sardine c'est ainsi que nous savons que la couleur de l'eau de mer et la température de surface, constituent des indicateurs essentiels d'abondance de cette ressource. En Algérie, plusieurs travaux comme ceux de Bouchereau (1981) à Oran, Mouhoub, (1986), Brahmi *et al.*, (1998) à Alger ou encore Bedairia (2007 et 2010) à Annaba ont traité la biologie du PP et les paramètres physico-chimiques du milieu marin, leurs résultats ne permettent pas de mesurer l'ampleur des impacts du changement climatique sur le déclin des ressources pélagiques, ils justifient cependant leurs chertés sur les marchés locaux, notamment la sardine dont le prix moyen est passé de 50 à 400 dinars le kg entre 2005 et 2010 (DPRHA, 2009).

La connaissance des paramètres biologiques est indispensable pour une bonne analyse de la dynamique de populations et pour la gestion des stocks.

Pour effectuer une contribution à l'étude de la biologie de *S. pilchardus* de LEA, notre recherche a été basée sur 4 axes essentielles dans le domaine halieutique.

Premièrement ; L'axe biométrique qui nous offre la possibilité d'une telle étude. Sachant que les caractères mesurables des individus d'une même espèce sont susceptibles de certaines variations et que ces variations permettent de distinguer au sein de l'espèce, des races, variétés ou autres groupements secondaires, il importera de choisir les caractères différentiels les meilleurs, d'en établir le type moyen pour chacun de ces groupements particuliers qui, ainsi caractérisé, pourra être facilement repéré et suivi.

En deuxième lieu, Les données sur l'âge et la croissance des poissons sont essentielles à la compréhension des traits d'histoire de vie des espèces et des populations (longévité, âge au recrutement, âge à la maturité sexuelle, périodes de reproduction, migrations, mortalité) et à l'étude de la structure démographique des populations et de leur dynamique, comme par exemple dans les modèles d'estimation basés sur une structuration en âge. Les applications en écologie et en paléocéologie incluent l'étude des réponses adaptatives des populations aux pressions environnementales, d'origine naturelle (variations climatiques) ou anthropique (pêche, pollution, aménagement de la bande côtière). Étant donné l'état d'appauvrissement actuel de nombreuses ressources aquatiques, la demande des données sclérochronologiques fiables s'accroît pour aider à la prise de décision en matière de gestion des pêcheries et d'exploitation durable des ressources aquatiques.

Troisièmes, L'étude de reproduction permet du déterminisme sexuel, du mode de reproduction (gonochorisme, hermaphrodisme fonctionnel ou rudimentaire et

parthénogenèse), du type de fécondation externe (oviparité) ou interne (ovoviviparité ou viviparité), de la durée de ponte et le nombre d'œufs émis (fécondité), de connaître d'autres paramètres nécessaires pour l'étude du stock (période de reproduction et de ponte, taille de première maturité sexuelle et structure en taille selon les sexes).

L'étude du cycle reproducteur a pour objet de la caractérisation des principales phases évolutives des glandes sexuelles, laquelle est établie principalement sur trois types de critères d'ordre morphologique, pondéral et histologique.

Finalement, La qualité et la quantité de nourriture de poisson sont parmi les facteurs exogènes les plus importants affectant directement la croissance et, indirectement la maturation, l'état de santé (fitness) ainsi que la mortalité des poissons (Wootton, 1990). Traditionnellement, les données sur la composition qualitative et quantitative de l'alimentation consommée par les poissons peuvent être utilisées dans la recherche halieutique. En effet, leur incorporation dans des modèles mathématiques appropriés permet d'apprécier dans le milieu naturel la biomasse des proies consommées par les différents prédateurs (Jennings *et al.*, 2001).

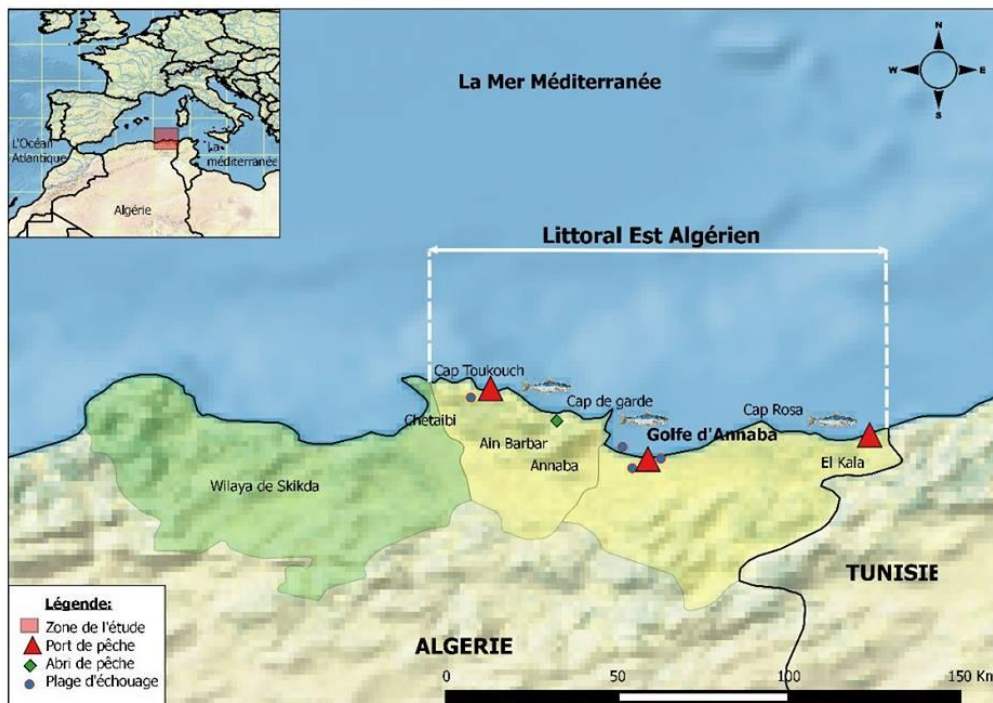
La majorité de nos résultats a été exploitée dans 2 projets de recherche sur la sardine du littoral Est Algérien entre le laboratoire EMMAL de l'Université Badji Mokhtar d'Annaba et le MESRS F01120100093 (projet CNEPRU) et la DGRST (projet PNR, N°1/2011/2013 avec le CNRDPA).

## 2. Matériels et méthodes.

En Algérie, la pêche pélagique est dominée au débarquement par la sardine qui représente 58% du total capturé (MPRH, 2009). Les espèces de petits poissons pélagiques (PP) concernées sont essentiellement: la sardine, l'allache, l'anchois, le chinchard et le maquereau représentant en tonnage débarqué 80% des pêcheries (MPRH, 2009).

### 2.1. Présentation de la zone d'étude.

La zone d'étude que nous avons retenu se situe à l'extrême Est des côtes Algériennes (LAE), entre Chetaibi à l'Ouest et El Kala à l'Est. La Sardine étudiée provienne des débarquements commerciaux des ports de pêche des villes d'Annaba et d'El Kala. La figure 3 représente les limites géographiques de la zone d'étude.



**Figure 3.** Carte montrant les limites géographiques des lieux de pêche de *S. pilchardus* de LEA (QGIS.2.10.1, 2015).

### 2.2. Localisation des sites d'échantillonnage.

Notre échantillonnage a été réalisé sur les côtes de LEA, à partir des ports d'Annaba et d'El Kala (source prises au près des pêcheurs sur les sites de débarquements).

### 2.2.1. Le port de pêche d'Annaba.

Le port de pêche d'Annaba se situe dans la sortie Sud-Ouest du golfe d'Annaba aux coordonnées 07° 47' 3" de longitude Est et 36° 54' 11" de latitude Nord, à 2 km du siège de l'EGPP d'Annaba (Fig. 4), il comprend:

- l'avant-port, abrité au Nord et au Nord-Est par la jetée coudée du lion et au Sud-Est par la jetée Sud,
- la grande darse, qui communique avec l'avant-port par la passe Babayaud,
- la partie darse, située à l'extrémité Sud-Ouest de la grande (LCHF, 1976).

Appelé la grenouillère, cette structure représente une zone à productivité relativement forte où prédominent les chalutiers et senneurs. Sa profondeur varie entre -3.5 et -5.8 m. Ce port est doté d'une capacité d'accueil de 345 ML, d'un tirant d'eau de 2 à 4.5 m et d'un terre-plein de 9400 m<sup>2</sup> avec des quais de 640 m de long. Cinq infrastructures liées à la pêche sont également présentes dans cette zone on a:

- Un hall de vente en gros de produits de la pêche s'étalant sur 800 m<sup>2</sup> et doté de 2 chambres froides (la grenouillère).
- Une station d'avitaillement en carburant,
- Deux entreprises de construction et réparation navale et (Sarl Hippone) (DPRHA, (2014) (Tabs. 1 et 2).

Tableau 1. Caractéristiques du port de pêche d'Annaba (DPRHA, 2014).

Digue principale	225ML
Digue secondaire	60 ML
Passe d'entrée	100 M Orientée vers L'Est
Plan d'eau	5,8 Hectares
Terre-plein	2,2 Hectares
Clôture de l'enceinte portuaire	Réalisée

Tableau 2. Capacité du port de pêche d'Annaba (DPRHA, 2014).

Type D'embarcation	Flottille Existante	Longueur max-min	Largeur max-min
Chalutiers	47	16 à 27m	4,5 à 6,5m
Sardiniers	123	8 à 14m	3 à 4,20m
Petits métiers	69	5 à 9m	1,8 à 3m
Plaisanciers	100	5 à 8m	1,8 à 2,8m



**Figure 4:** Photographie montrant une vue générale (a) du port de pêche d’Annaba et une image satellitaire (b) (google earth, 2015).

### 2.2.2. Le port de pêche d’El kala.

L’aire maritime de la région d’El Kala s’étend sur 1484 km<sup>2</sup>, aux coordonnées 08° 25’ 23,94’’ de longitude Est et 36° 54’ 1,02’’ de latitude Nord, à 2 km du siège de l’EGPP d’Annaba, ce port comprend: le plateau continental du rivage à -100 m de profondeur qui couvre une superficie de 328 km<sup>2</sup>, la partie supérieure du talus continental à -100 à -500 m représente 494 km<sup>2</sup> et la partie inférieure de -500 à -1000 m qui s’étend sur 662 km<sup>2</sup>. Le port d’El kala est aménagé entre la côte elle même et une presqu’île. Un épi de 70 m à la racine sur la côte le partage en deux, communiquant avec une passe de 35 m avec des fonds variant

de -3,5 à -3 m dans les parties utilisables de la flottille. Il faut rappeler que ce port a été construit en 1925 et sa digue en 1976 (Tabs. 3 et 4, Fig. 5).

Tableau 3. Caractéristiques du port de pêche d'El kala (DPRHA, 2014).

Digue principale	240 ML
Digue secondaire	65 ML
Passe d'entrée	100 m Orientée vers nord ouest
Plan d'eau	3,9 Hectares
Terre-plein	1,47 Hectares
Clôture de l'enceinte portuaire	Réalisée

Tableau 4. Capacités du port de pêche d'El Kala (DPRHA, 2014).

Type D'embarcation	Capacité d'accueil	Longueur max-min	Largeur max-min
Chalutiers	30	16 à 27m	4,5 à 6,5 m
Sardiniers	34	8 à 14m	3 à 4,2 m
Petits métiers	78	5 à 09m	1,8 à 3m
Plaisanciers	/	5 à 08m	1,8 à 2,8m



**Figure 5:** Photographie montrant une vue générale (a) du port de pêche d'El kala et une image satellitaire (b). (google earth 2015).

## 2.3. Présentation de la Sardine *Sardina pilchardus*.

### 2.3.1. Position systématique.

<b>Embranchement</b>	Chordata	Chordés	Animaux à l'organisation complexe définie par 3 caractères originaux: tube nerveux dorsal, chorde dorsale, et tube digestif ventral. Il existe 3 grands groupes de Chordés: les Tuniciers, les Céphalocordés et les Vertébrés. Chordés possédant une colonne vertébrale et un crâne qui contient la partie antérieure du système nerveux. Vertébrés à squelette osseux. Ossification du crâne ou du squelette tout entier. Poissons épineux ou à nageoires rayonnées. Poissons à arêtes osseuses, présence d'un opercule, écailles minces et imbriquées.
<b>Sous- embranchement</b>	Vertebrata	Vertébrés	
<b>Super classe Classe</b>	Osteichthyes Actinopterygii	Ostéichthyens Actinoptérygiens	
<b>Sous-classe</b>	Neopterygii Teleostei	Néoptérygiens Téléostéens	
<b>Ordre Famille</b>	Clupeiformes Clupeidae	Clupéiformes Clupéidés	Poissons essentiellement marins. Absence d'écailles sur la tête, certaines espèces en sont même dépourvues sur le corps. Ligne latérale courte ou absente, dents minuscules ou absentes. Planctonophages.
Genre	<i>Sardina</i>		
Espèce	<i>pilchardus</i>		

### 2.3.2. Appellations de la Sardine *Sardina pilchardus*.

#### Autres noms communs français

Célan, célerin, pilchard, hareng de Bergues (Manche, Picardie, Normandie); chardine, chardinoun, sardinou, royan (Arcachon); chardine, parrutxa (Pays Basque); coureuse (Bretagne); sarde, sarda (Roussillon); poutine (alevins), sardino, sardo (Languedoc, Provence); palaya, poutina, nonat, rafaneta, pataieta, palaia (Nice); sardella, serdella (Corse)

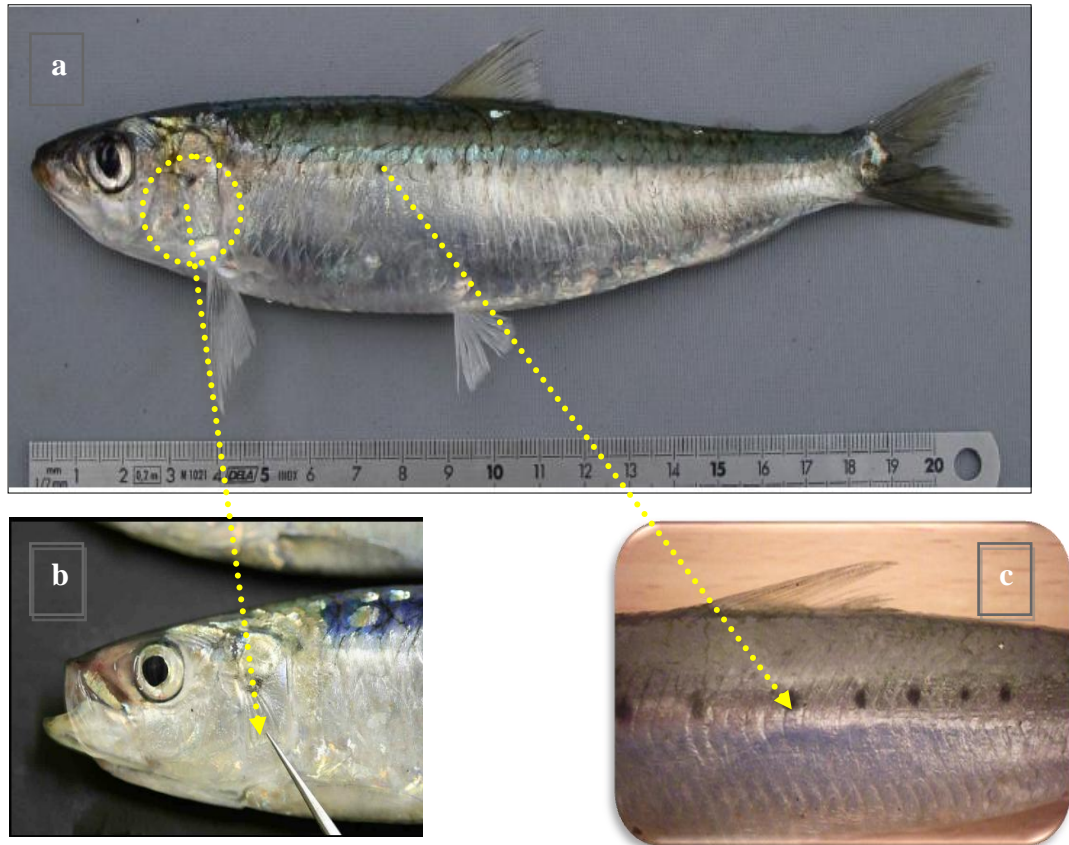
#### Noms communs internationaux

European sardine, European pilchard (la Grande Bretagne), Sardina (Italie), Sardina europea (Espagne), Sardine (Danemark), Sardinha (Portugal).

### 2.3.3. Caractéristiques de *S. pilchardus*.

Cette espèce est caractérisée par une mâchoire légèrement saillante et une carène ventrale peu développée. Les opercules portent des cannelures radiaires, la nageoire dorsale est située en avant des pelviennes et la nageoire anale se caractérise par un allongement au niveau des deux derniers rayons. Le dos est de couleur bleu-vert, olive occasionnellement, les

flancs dorés et le ventre argenté. Une rangée de tâches sombres se trouve le long de chaque flanc. Les écailles sont grandes, argentées, fragiles et ne s'étendent pas jusqu'à la tête. La taille maximale de la sardine est de 25 cm en Atlantique, de 22 cm en Méditerranée et la taille commune est de 10 à 20 cm, (Holden et *al.*, 1974) (Fig. 6).



**Figure 6.** Photographies montrant la morphologie externe de la sardine (*S. pilchardus*, Walbaum, (1792) (x1). **a:** photographie de *S. pilchardus* prise pendant la période d'échantillonnage. **b:** tête non couverte d'écailles, **c:** présence d'une rangée horizontale de taches sombres peu accentuées sur les flancs.

#### 2.4. Méthodologie morphométrique.

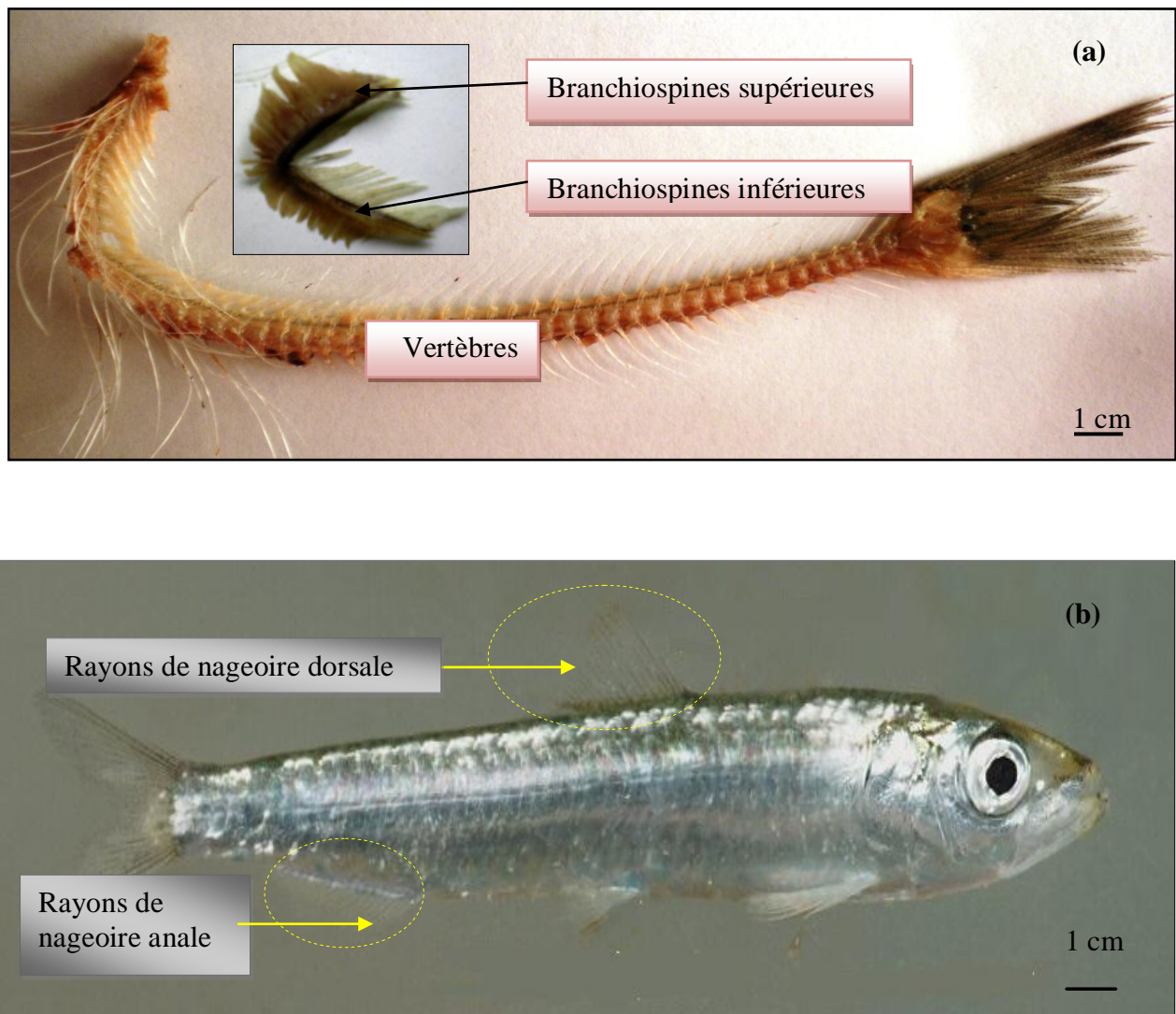
Un échantillonnage aléatoire a été réalisé soit par acquisition directe auprès des pêcheurs au moment des débarquements dans le port de pêche d'Annaba et le port d'El kala, ou indirectement dans les poissonneries des villes d'Annaba et El kala.

Nous avons examiné pendant 12 mois, de juillet 2010 à juin 2011, 2266 spécimens de *S. pilchardus*, dont les tailles varient entre 8,8 et 18,9 cm et le poids allant de 4,16 à 45,47g.

### 2.4.1. Comptage des paramètres méristiques.

Nous nous sommes intéressés à 3 principaux caractères numériques: le nombre de branchiospines inférieures et supérieures de l'arc branchial gauche, le nombre total de vertèbres et le nombre de rayons des nageoires dorsale et anale (Fig. 7). Le nombre de branchiospines a été déterminé à l'œil nu chez les adultes et sous une loupe binoculaires chez les jeunes individus. Pour qu'elle soit prise en considération, une branchiospine doit être capable de retenir une aiguille appuyée le long de l'arc branchial.

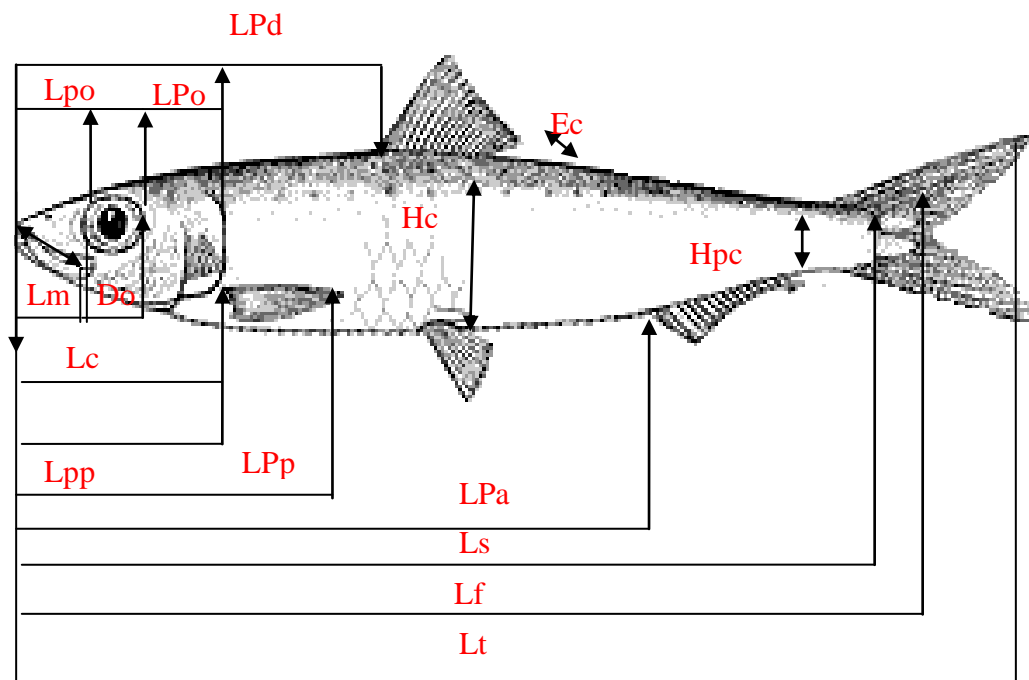
Le nombre de branchiospines sur le premier arc branchial gauche, le nombre de rayons de nageoire dorsales ainsi que de la nageoire anale ont été retenus. La répartition de chaque caractère est décrite par sa moyenne, son mode et par ses valeurs limites.



**Figure 7.** Photographies montrant les caractères numériques étudiés chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA. **(a):** la colonne vertébrale et de l'arc branchial gauche, **(b):** rayons des nageoires dorsale et anale.

### 2.4.2. Technique de mensuration des paramètres métriques.

Quinze caractères métriques ont été mesurés au mm près, à l'aide d'un ichtyomètre pour la longueur totale, les longueurs céphalique, pré-dorsale et pré-pectorale les autres dimensions sont relevées à l'aide d'un compas à pointes sèches (Fig. 8).



**Figure 8.** Schéma montrant les différentes mesures prises sur *S. pilchardus*. **Lt**: longueur totale, **Ls**: longueur standard, **Lf**: longueur à la fourche, **Lpa**: longueur Pré-anale, **Lpp**: longueur Pré-pectorale, **Lppo**: longueur post-pectorale, **Lpo**: longueur Pré-orbitaire, **Lpo**: longueur post-orbitaire, **Do**: diamètre orbitaire, **Lm**: longueur du maxillaire, **LPd**: longueur Pré-dorsale, **Lc**: longueur céphalique, **Hc**: hauteur du corps, **Hpc**: hauteur du pédoncule caudal, **Ec**: Epaisseur du corps.

### 2.5. Techniques d'analyses statistiques.

Pour caractériser au mieux les changements éventuels de la morphologie au cours de la croissance du poisson, les différentes parties mesurées du corps sont exprimées en fonction de la longueur totale ( $L_t$ ) ou de la longueur de la tête ( $L_c$ ). Afin de mettre de manière plus expressive les changements relatifs de ces dimensions, nous avons utilisé une équation de régression de type axe majeur réduit, préconisée par Teissier (1948) pour les études d'allométrie.

Cette équation est de type:  $y = a + bx$

y et x: dimensions mesurées sur un même individu.

a: ordonnée à l'origine      b: pente

Pour déterminer le type de croissance liant 2 paramètres métriques, nous avons appliqué le test de conformité du coefficient d'allométrie en posant l'hypothèse suivante: la valeur de  $b = 1$  (ou pas ?) ( $H_0: b = 1$ ), soit on accepte l'hypothèse ou on rejette. La confirmation de l'allométrie est obtenue par le test de Student selon Dagnelie (1998):

$$t_{obs} = | b^2 - b_0^2 | \sqrt{n-2} / 2 \cdot b_0 \cdot b \sqrt{1-r^2} \quad \text{avec } n-2 \text{ degrés de liberté}$$

n: effectif

b: pente

r: coefficient de corrélation

$b_0$ : pente théorique = 1 pour une relation entre 2 paramètres de même nature (poids / poids ou taille / taille) et = 3 pour des paramètres de nature différente.

La valeur de  $t_{obs}$  est comparée à celle de t théorique:  $t_{1-\alpha/2}$  (contenue dans la table de Student), où  $\alpha$  représente le seuil de confiance avec un risque d'erreur de 5 %. Deux cas peuvent se présenter:

- Si  $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$ : on accepte l'hypothèse, la différence n'est pas significative et  $b = 1$ , il y a donc une allométrie simple ou isométrie entre les 2 paramètres étudiés.
- Si  $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$ : on rejette l'hypothèse, la différence est significative entre la pente et la valeur théorique, il y a donc une allométrie négative (minorante) si  $b < 1$ , ou positive (majorante) si  $b > 1$ .

## 2.6. Identification du dimorphisme sexuel.

Pour déceler un éventuel dimorphisme sexuel, nous avons comparé pour chaque caractère les équations des droites de régression entre les 2 sexes. Pour cela, nous avons utilisé le test "t" de Student adapté aux axes majeurs réduits (Mayrat, 1959; Farrugio, 1975). Nous avons comparés tout d'abord les pentes des 2 axes par l'équation suivante:

$$tpe = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{Var(a_1 - a_2)}} \quad \text{à } (n - 4) \text{ degré de liberté,}$$

où:

tpe: pente des droites de régression entre les 2 sexes

$a_1$  et  $a_2$ : pentes des 2 droites,

n: nombre total de couples,

Var: variance.

Si la différence de pente n'est pas significative, nous comparons alors la position des 2 droites expérimentales par 2 "droites auxiliaires" parallèles passant par les centres de gravité des échantillons mais de pente intermédiaire commune. Nous calculons une variance commune autour de ces parallèles; c'est une régression combinée "tpo" qui s'exprime par l'équation:

$$tpo = \frac{Y_{1P} - Y_{2P}}{\sqrt{Var(Y_{1P} - Y_{2P})}} = \frac{|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2| - a_p(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{S^2 y_p \left[ \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \times \left( \frac{2}{1 + R_p} \right) + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{NS^2 X_p} \right]}}$$

où:

$t_{po}$ : Position des deux droites.

$\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$ : Distance entre les droites auxiliaires;

$\bar{Y}_1$  et  $\bar{Y}_2$ : Moyenne des Y des droites expérimentales;

$\bar{X}_1$  et  $\bar{X}_2$ : Moyenne des X des deux droites expérimentales;

$a_p$ : Pente de la droite auxiliaire;

$R_p$ : Coefficient de corrélation moyen;

$\frac{1}{n_1}(S^2 Y_p)$  et  $\frac{1}{n_2}(S^2 Y_p)$ : Variance de  $\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$  considérées comme moyennes de  $Y_{1P} - Y_{2P}$ ;

$NS^2 X_p$ : Covariance des  $X_p$ ;

$N$ : Nombre total de couples.

Avant d'effectuer l'analyse statistique, il est nécessaire aussi de contrôler la validité de l'hypothèse d'égalité des variances résiduelles:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ ou } \sigma^2: \text{ variance résiduel}$$

Ce test s'écrit de la manière suivante:

$$F_{obs} = \frac{\sigma^2 \max}{\sigma^2 \min} \text{ dont } \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1^2 = \frac{SCEyx_1}{n_1 - 1} \\ \sigma_2^2 = \frac{SCEyx_2}{n_2 - 1} \end{array} \right\}$$

L'hypothèse d'égalité des variances résiduelles doit être rejetée au niveau  $\alpha$  lorsque:

$$F_{obs} > F_{1-\frac{\alpha}{2}} \text{ pour } \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,05 \\ K_1 = (n_1 - 1)dcl \\ K_2 = (n_2 - 1)dcl \end{array} \right\} \text{ où:}$$

$SCEyx_1$ : Somme des carrés des écarts du 1<sup>er</sup> échantillon;

$SCEyx_2$ : Somme des carrés des écarts du 2<sup>ème</sup> échantillon;

$n_1$ : Effectif total de 1<sup>er</sup> échantillon;

$n_2$ : Effectif total du 2<sup>ème</sup> échantillon.

## 2.7. Calcul d'âge et croissance.

### 2.7.1. Détermination d'âge.

Pour déterminer l'âge de la sardine *S. pilchardus* du LEA nous avons opté pour la méthode indirecte ou méthode de Bhattacharya (Bhattacharya, 1967) qui repose sur la décomposition des fréquences de tailles. Par l'estimation statistique de l'âge à partir de l'analyse des courbes de fréquence de tailles (Petersen, 1892 in Ricker, 1980; Gheno et Le Guen, 1968; Harding, 1949; Bhattacharya, 1967; Tanaka, 1956). Il s'agit d'une approche démographique permettant une détermination collective de l'âge.

### 2.7.2. Détermination de la croissance.

Chez *S. pilchardus* du LEA, nous nous sommes intéressés à 3 types de croissance, la linéaire absolue, la relative ou relation taille-poids et la pondérale absolue.

#### 2.7.2.1. Croissance linéaire absolue.

La croissance linéaire absolue a été établie à partir de l'analyse des distributions des tailles et leur décomposition en modes. Les différents modes obtenus correspondent à des pseudocohortes d'âges différents. Pour cette analyse, nous avons utilisé le logiciel FISAT (Gayanilo et al., 1994) qui, en exploitant la méthode de Bhattacharya (1967), permet d'estimer les paramètres de la croissance  $L_{\infty}$ ,  $k$  et  $t_0$ . Ces paramètres sont ajustés à l'équation de von Bertalanffy et comparés à ceux obtenus par la méthode directe d'estimation de la croissance.

C'est le paramètre qui décrit la croissance linéaire dans le temps et sa formule qui s'adapte à la plupart des données de croissance observées. Cette méthode a l'avantage d'être aisément incorporée dans les modèles d'évaluation des stocks halieutiques et sa formule s'exprime comme suit:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t - t_0)}]$$

avec:

$L_t$ : Longueur totale en cm à l'instant  $t$ .

$L_{\infty}$ : Longueur asymptotique, théoriquement, c'est la taille moyenne en cm qu'atteindrait un poisson qui pourrait vivre et grandir indéfiniment.

$k$ : Taux de croissance ou coefficient de croissance, il caractérise la rapidité avec laquelle le poisson croît vers la longueur asymptotique.

$t_0$ : Temps théorique où  $L_t = 0$  cm. L'âge théorique pour lequel le poisson a une longueur nulle, il désigne le point de départ de la courbe de croissance sur l'axe des temps si le poisson avait grossi selon le modèle de croissance de Von Bertalanffy (1938).

L'indice de performance de croissance  $\phi$  a été calculé pour comparer nos résultats avec ceux obtenus à partir des sardines pêchées dans d'autres régions. Il a été déterminé par la formule de Pauly et Munro (1984):

$$\phi = \log k + 2 \log L_{\infty}.$$

### 2.7.2.2. Croissance relative ou relation taille-poids.

L'expression mathématique de la croissance relative permet comme le signalent Richter et *al.*, en 2000 de connaître l'embonpoint des poissons, il constitue une donnée nécessaire pour l'estimation des biomasses des poissons et l'analyse des changements ontogénétiques (Safran, 1992) ainsi que différents aspects de la dynamique des populations. La croissance relative s'applique dans divers domaines de la biologie, de la physiologie, de l'écologie et dans la gestion des ressources halieutiques. Ses variations mensuelles peuvent nous renseigner sur l'activité sexuelle, notamment sur la période de reproduction. En sciences halieutiques, cette croissance permet d'estimer le poids à partir de la taille (Beyer, 1991), le poids à partir de l'âge (Petraakis et Stergiou, 1995) et d'exprimer l'équation de la croissance linéaire en croissance pondérale (Pauly, 1993). Elle permet aussi de distinguer l'histoire de vie et la morphologie d'une espèce à une autre et entre les populations des différents habitats et ou régions (Gonçalves et *al.*, 1997).

La croissance relative permet de vérifier l'existence d'une corrélation liant le poids à la taille du poisson et de modéliser la relation. Si le poisson garde la même forme générale et le même poids durant toute sa vie, son poids sera proportionnel au cube de sa longueur. Ainsi, la relation liant la taille à la masse a été établie à partir de 572 couples de données avec 303 femelles, 227 mâles, 530 individus mâtures et 42 immatures. C'est une relation de la forme:

$$P_e = a. L_t^b$$

avec:

$P_e$ : poids éviscéré (g).

$L_t$ : longueur totale (cm).

$a$ : constante.

$b$ : coefficient d'allométrie.

Les paramètres a et b sont déterminés par le programme FISAT (version 1.2.2) selon Gayanilo et al., (1996). Cette équation peut être linéarisée par transformation logarithmique des données pour aboutir à:

$$\text{Log Pe} = b. \log Lt + \log a$$

L'ajustement de ce modèle linéaire aux données taille-masse observées est obtenu par la méthode des moindres rectangles. La valeur de coefficient b est comparée statistiquement à  $b_0 = 3$  au seuil  $\alpha = 0,05$  à l'aide du test t de Student (Dagnelie, 1975):

$$t_{obs} = \frac{\left( b^2 - b_o^2 \mid \sqrt{n-2} \right)}{\left( 2b_o * b \sqrt{1-r^2} \right)}, \text{ avec}$$

$t_{obs}$ : t observé.

n: Effectif.

b: Pente.

$b_0$ : Pente théorique ( $b_0 = 3$ ).

r: Coefficient de corrélation.

La valeur de  $t_{obs}$  est comparée à celle de "t" théorique:  $t_{1-\alpha/2}$  (donnée par la table de test t de Student) où le seuil de confiance  $\alpha = 0,05$  pour  $n - 2$  degré de liberté. Trois cas peuvent alors se présenter: si  $t_{obs} \leq t_{théorique}$  donc il y a une isométrie ( $b = 3$ ), si  $t_{obs} > t_{théorique}$  il y a 2 cas: si  $b < 3$ , l'allométrie est minorante et si  $b > 3$ , l'allométrie est majorante.

Nous avons utilisé le poids éviscéré (Pe) pour éviter les aléas pondéraux dus aux contenus stomacaux et les poids des gonades surtout au moment de la reproduction. La différence de la relation taille-masse entre les 2 sexes et entre les individus matures et immatures a été testée par l'ANCOVA (Dagnélie, 1975) en utilisant le Minitab (Anonyme, 2000).

### 2.7.2.3. Croissance pondérale absolue.

Sachant que le poids est lié à la taille par la relation:  $Pe = a. Lt^b$ , et que le modèle décrivant le mieux la croissance linéaire en fonction du temps est celui de Von Bertalanffy (1938), nous pouvons admettre que la relation  $Pe = P_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$  peut exprimer l'équation du poids en fonction du temps. Dans cette équation, Pe est le poids éviscéré du poisson à l'instant t et  $P_{\infty}$  est le poids correspondant à  $L_{\infty}$ . Les paramètres k et  $t_0$  sont ceux de l'équation

de la croissance linéaire absolue. La valeur de  $b$  est le coefficient d'allométrie ou la pente de la droite exprime la relation taille-masse sous sa forme logarithmique. Tous les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy (1938) étant connus, nous avons calculé le poids pour chaque groupe d'âge.

## 2.8. Étude de la reproduction.

### 2.8.1. Calcul de la sex-ratio.

La sex-ratio est un paramètre qui permet d'évaluer la structure démographique et la biomasse féconde du stock (Kartas et Quignard, 1984).

La proportion numérique des sexes est exprimée par le rapport du nombre des femelles sur celui des mâles (sex-ratio: SR). Son évolution mensuelle, saisonnières et par classe de taille a été recherchée.

$$SR = F/M, \text{ avec } F = \text{nombre de femelles}; M = \text{nombre de mâles.}$$

Des analyses statistiques ont été réalisées pour tester les hypothèses nulles des différences observées entre variables estimées (proportion des mâles et femelles) par le test de Khi-Deux ( $\chi^2$ ) (Dagnelie, 1975). L'hypothèse nulle est rejetée au niveau de signification  $\alpha$  lorsque  $\chi^2_{\text{obs}}$  est  $\geq$  à la valeur théorique ( $\chi^2_{1-\alpha}$ ) de la distribution du ( $\chi^2$ ) à la valeur 1 degré de liberté. Ce test n'est valable que pour des effectifs mâles ou femelles  $> 5$ .

$$\chi^2 = (M^2 / f) + (F^2 / f) - n$$

où :

$\chi^2$ : Khi-Deux

M : nombre de mâles.

F : nombre de femelles.

$n = M+F$  : nombre de mâles et de femelles dans l'échantillon.

$f = n/2$  : fréquence absolue théorique pour chaque sexe.

### 2.8.2. Technique d'identification des stades de développement sexuel.

#### 2.8.2.1. A l'échelle macroscopique.

Les critères morphologiques sont déterminés d'après l'examen macroscopique des gonades et portent sur 6 paramètres: la coloration, la consistance, l'importance de la vascularisation superficielle, l'épaisseur et la transparence de la paroi ovarienne (possibilité d'observer les œufs au travers de cette paroi), la forme et le volume usé par la gonade dans la

cavité abdominale. De ce fait, il est possible de suivre l'évolution des gonades mâles et femelles au cours du cycle reproducteur en utilisant une échelle macroscopique de développement sexuel comprenant 5 stades (Mouhoub, 1986) (Tab. 5).

**Tableau 5:** Stades de développement macroscopique des gonades de *S. pilchardus* du LEA (Mouhoub, 1986).

Stades de maturation	Caractéristiques des gonades	
	Femelles	Mâles
<b>Stade I Immature</b>	Ovaire fin, translucide à rose et ovocytes invisibles.	Testicules petits en forme de lame de couteau, coloration claire, vascularisation fine et visible par transparence.
<b>Stade II Pré-ponte</b>	Ovaire peu volumineux, coloration rosâtre, vascularisation intense chez les poissons en repos sexuel, moins intense chez les immatures en développement et ovocytes invisibles.	Testicules de consistance ferme et une coloration blanchâtre homogène. A la surface, les ramifications terminales des vaisseaux sanguins internes sont mal distinguées.
<b>Stade III Ponte</b>	Ovaire de taille moyenne, coloration rose pâle à orange clair et quelques ovocytes sont parfois visibles.	Testicule plus large et ferme, couleur blanche et aucun liquide ne coule si on y fait une incision.
<b>Stade IV Post-ponte</b>	Ovaires très volumineux occupant toute la cavité abdominale d'une coloration rouge. Apparence d'ovocytes transparents disposés irrégulièrement entourés de zones hyalines. Une vascularisation très développée surtout sur la partie postérieure des ovaires.	Testicule volumineux, très mou, à surface lisse et brillante de couleur blanc ivoire. Une simple compression de l'abdomen du poisson provoque l'écoulement du sperme par l'orifice ano-génito-urinaire
<b>Stade V Repos sexuel</b>	Ovaires rougeâtres (congestion des vaisseaux sanguins) flasques montrant des zones hyalines plus grandes.	Testicules vides après expulsion du sperme, ils se présentent sous une consistance assez flasque, un peu ridés et très minces, laissant voir par transparence la vascularisation interne.

### 2.8.2.2. A l'échelle microscopique.

Les observations microscopiques ont été réalisées simultanément avec les aspects macroscopiques identifiés, afin de pouvoir suivre le développement des ovaires de *S. pilchardus* en même temps. L'étude des stades de maturité sexuelle est basée également sur les observations microscopiques pour mettre en évidence les changements histologiques progressifs des gonades au cours du temps.

L'étude histologique a été réalisée au laboratoire de Cytologie et d'Anatomie Pathologique du CHU Ibn Rochd d'Annaba où nous avons exploité les recommandations de Martoja et Martoja (1967).

#### **2.8.2.2.1. Fixation.**

La fixation histologique permet d'immobiliser les structures protéiques, en préservant le protoplasme des altérations le rendant insoluble par coagulation, en conservant la morphologie des structures. La fixation protège contre les attaques bactériennes et empêche l'autolyse des constituants fondamentaux sous l'effet d'enzymes cellulaires. Elle permet d'éviter la précipitation des protéines et empêche la formation d'artéfacts cellulaires. La fixation durcit les pièces de manière à faciliter la coupe et prépare les tissus pour les traitements chimiques ultérieurs.

Les prélèvements des organes sont effectués après éviscération du poisson. Les gonades sont fixées dans des piluliers contenant du Bouin alcoolique composé de 26 ml de formol, 45 ml de solution d'acide picrique à 1% dans l'alcool à 95° et 22 ml d'eau distillée et ce, pendant 48 h. Ce fixateur, d'usage courant en histologie, pénètre rapidement, fixe les pièces de manière homogène et ne pose pas de problèmes de fixation.

#### **2.8.2.2.2. Déshydratation.**

Une fois fixées, les pièces sont placées dans 2 bains d'éthanol à 95° pendant 48 h (2 × 24 h), elles sont ainsi déshydratées par élimination d'eau dans les tissus, ce qui les prépare à l'inclusion dans la paraffine (hydrophobe). Cette opération permet également de stopper l'action du Bouin.

Les pièces déshydratées sont mises dans du butanol, liquide intermédiaire entre l'éthanol et la paraffine, il est à la fois miscible dans l'un et l'autre, c'est aussi un liquide d'attente et un excellent ramollisseur qui achève la déshydratation.

#### **2.8.2.2.3. Inclusion à la paraffine.**

La paraffine est un mélange d'hydrocarbures saturés et parfois de cire, le seul critère à considérer est le point de fusion car il donne une indication sur sa dureté. Plus la paraffine est dure et plus son point de fusion est élevé, la paraffine dont le point de fusion est compris entre 56 et 58°C a été utilisée dans la majorité des cas.

Les pièces sont retirées du butanol et portées à l'étuve à 60°C dans des piluliers remplis de paraffine préalablement filtrée. La durée d'imprégnation dépend du solvant intermédiaire à éliminer et se fait dans 4 bains successifs de 24 h chacun.

#### 2.8.2.2.4. Mise en bloc.

La mise en bloc a nécessité l'utilisation de caissettes spécialement conçues, (boîtes en plastique, avec une ouverture par dessus) pour former un moule.

La pièce est introduite à l'intérieur de la caissette, la paraffine est versée au fond, de celle-ci, la pièce est ainsi orientée de manière à obtenir des coupes transversales ou longitudinales, elle est ensuite recouverte entièrement de paraffine.

Les caissettes sont étiquetées pour permettre leurs identifications avant d'être mises au contact d'une plaque réfrigérée, la paraffine se solidifie alors en quelques secondes, on démoule la caissette pour obtenir un bloc solide prêt pour la coupe.

#### 2.8.2.2.5. Confection et étalement des coupes.

Les blocs sont d'abord taillés en forme de trapèze, pour éliminer l'excès de paraffine. Les côtés sont rigoureusement parallèles afin d'obtenir lors de la coupe un ruban de paraffine bien droit. Des coupes de 5 à 7  $\mu\text{m}$  sont confectionnées à l'aide d'un microtome (Microtome Reicher-Jung), utilisant un rasoir à lame fine tout à fait adapté aux pièces molles.

Les coupes ainsi confectionnées sont étalées sur des lames préalablement dégraissées et nettoyées portant les références correspondant aux blocs et par conséquent aux tissus étudiés. Les coupes reposent sur de l'eau gélatinée obtenue à partir de gélatine en poudre, 0,1 à 0,5 g dilué dans 100 ml d'eau distillée permettant de les coller sur les lames. Une fois portées sur une platine chauffante à 40°C, l'eau gélatinée facilite l'étalement des coupes. Déplissées, égouttées, les lames sont ensuite conservées dans une étuve à 37°C pendant 24 heures.

#### 2.8.2.2.6. Coloration.

La technique de coloration à l'éosine a été utilisée. Les lames sont déparaffinées à l'aide d'une platine chauffante à 40°C, jusqu'à ce que la paraffine devienne brillante. Le déparaffinage est suivi par un bain éclaircissant de xylène pendant 10 min. Le solvant est éliminé par de l'éthanol à 95° pendant 10 min et les lames sont enfin rincées à l'eau courante jusqu'à ce qu'elles deviennent blanchâtres.

La coloration commence par un bain d'hématoxyline de Mayer pendant 10 min, suivie d'une série de rinçages, le 1<sup>er</sup> à l'eau courante pour éliminer l'excès de colorant, le 2<sup>ème</sup> dans une solution de 100 ml d'eau distillée additionnée de 5 gouttes d'ammoniac à 100 % avant d'appliquer un dernier rinçage à l'eau courante. Ces rinçages préparent les coupes pour un bain d'éosine à 1 % pendant 10 min, le surplus de colorant est éliminé par un rinçage prolongé à l'eau courante.

Les coupes sont plongées dans 2 bains successifs d'éthanol à 95° pour supprimer l'eau des tissus, puis traitées dans 2 bains de xylène et de propanole ou d'acétone à 50 / 50 enfin, et

pour achever leur déshydratation, les coupes sont plongées dans 2 bains de xylène préparant ainsi les lames au montage. La coloration à l'éosine permet de bien différencier les formes et les structures cellulaires, teintées en rouge.

#### 2.8.2.2.7. Montage et microphotographie.

Le montage assure la protection des coupes contre le dessèchement, quelques gouttes de baume de Canada sont déposées sur les lames colorées avant d'être recouvertes d'une lamelle. Les microphotographies ont été prises à l'aide d'un photomicroscope Zeiss et l'observation microscopique avec un microscope photonique de marque Dyalux.

«Les étapes de l'évolution microscopiques des ovocytes sont groupées en un nombre variable de stade selon les auteurs. Fontana (1969) a établi 5 stades chez les sardinelles (*Sardinella eba* et *Sardinella aurita*), Déniel (1981) a cité 6 stades chez les poissons plats, Forberg (1982) a décrit 5 chez *Gobius niger*, Hunter et al. ; (1985) ont défini 4 stades chez *Engraulis mordax*, N'Da (1992) a signalé 6 stades chez *Mullus surmulet us* et enfin Le Duff (1997) a décrit 6 stades chez les poissons Téléostéens».

#### 2.8.3. Calcul de Rapport Gonado-Somatique (RGS).

Les critères pondéraux consistent à chiffrer l'accroissement des gonades durant le cycle sexuel. Les variations du poids des gonades sont presque toujours estimées par rapport à des paramètres comme la longueur du corps, le poids total du corps ou encore le poids somatique (Kartas et Quignard, 1984).

La période de reproduction de *S. pilchardus* dans le LEA a été déterminée par le suivi mensuel du rapport gonado-somatique selon Bougis, (1952). Ce rapport est considéré comme un véritable coefficient de maturité (Lahaye, 1980).

$$\text{RGS} = \text{Pg} / \text{Pév} \times 100 \quad \text{où}$$

Pg: Poids des gonades,

Pév: Poids éviscéré du poisson.

#### 2.8.4. Calcul de Rapport Hépat-Somatique (RHS).

L'évolution mensuelle du rapport hépat-somatique selon Bougis, (1952) a été également suivie pour évaluer les variations pondérales du foie au cours du cycle de reproduction.

$$\text{RHS} = \text{Pf} / \text{Pév} \times 100 \quad \text{où}$$

Pf: Poids du foie,

Pév: Poids éviscéré du poisson.

«En 1958, Bertin distingue 2 types de poissons selon le mode de stockage et la mobilisation des substances de réserve dans le foie:

- les "**poissons maigres**", pour lesquels la maturation des gonades est précédée d'une importante accumulation de lipides dans le foie; ainsi, les valeurs maximales du RHS précèdent celle du RGS.
- les "**poissons gras**", pour lesquels l'accumulation de lipides s'effectue dans les muscles, le foie n'intervenant que dans la transformation de ces réserves lipidiques, dans ce cas le RHS évolue parallèlement au RGS».

### 2.8.5. Estimation de l'adiposité.

L'adiposité désigne l'accumulation de tissu graisseux dans une partie localisée de l'organisme comme les muscles ou les viscères. Son évolution chez les Ostéichthyens permet de comprendre la contribution des graisses mésentériques dans les processus de transfert d'énergie destinée à la production de gamètes. Chez les perciformes, la teneur en lipide est faible et constante dans les muscles, ses variations les plus importantes se situent dans le mésentère et constituent l'adiposité (Barnabe, 1976).

L'estimation de l'adiposité a été obtenue par le suivi des variations de la quantité des graisses mésentériques au cours d'un cycle annuel selon l'échelle de Nikolsky (1963) qui comporte 4 niveaux:

- Unité 0: pas de graisse,
- Unité 1: graisse dans les anses intestinales,
- Unité 2: graisse sur tout l'intestin qui reste cependant visible,
- Unité 3: l'intestin est dissimulé par d'importants cordons graisseux.

### 2.8.6. Calcul du coefficient de condition K.

Pour vérifier le rôle éventuel des réserves musculaires dans la gamétogenèse, le coefficient de condition est calculé pour chaque individu selon la formule suggérée par Fulton en 1911:

$$K = (P_{év} / Lt^3) \times 100 \quad \text{avec:}$$

P<sub>év</sub>: Poids de l'individu éviscéré;

Lt: Longueur totale de l'individu.

Pour comparer statistiquement les valeurs moyennes des rapports gonado et hépatosomatiques, de l'adiposité et du coefficient de condition, nous avons utilisé l'ANOVA et le test de comparaison des moyennes 2 à 2 (test de Newman-Keuls, SNK) (Dagnélie, 1975).

Il existe une différence significative lorsque les lettres (a, b, c, d) reportées sur le graphique sont différentes. Il n'existe aucune différence significative quand les lettres sont similaires, ce qui indique que les valeurs moyennes sont égales. Les tests ont été réalisés au moyen du logiciel Minitab (version 13.2) (Anonyme, 2000).

### 2.8.7. Calcul de la taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle.

La taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle correspond à la longueur pour laquelle 50% des individus sont matures pendant la période de reproduction (Fontana, 1969). Pour la détermination de cette taille, les individus échantillonnés pendant la période de reproduction ont été répartis par classe de taille de 1 cm. Le pourcentage d'individus matures (stades III, IV, et V) est établi pour chaque classe de taille. Les couples taille-pourcentage d'individus matures sont ajustés à une courbe logistique selon King (1995) de type sigmoïde dont la formulation mathématique est la suivante:

$$Pr = 1/1 + \exp^{-[a(L-L_{50})]}$$
 avec:

Pr : Proportion des matures,

a: Pente,

L: Longueur totale,

L<sub>50</sub>: Taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle.

### 2.8.8. Fécondité absolue et fécondité relative.

Selon Bagenal (1966), la fécondité absolue est le nombre d'œufs mûrissant chez une femelle juste avant la ponte alors qu'Aboussouan et Lahaye (1979) la définissent comme étant le nombre d'ovocytes destinés à la ponte.

La méthode d'étude de la fécondité absolue individuelle que nous avons adoptée est celle de «l'échantillonnage par volume» utilisée par des nombreux auteurs (Simpson, 1951; Bagenal, 1973; Gaamour, 1999). Des ovaires mûrs au stade IV prélevés sur 20 femelles en janvier 2012 ( $12,2 \leq L_t \leq 16,5$  cm;  $14,62 \leq P_e \leq 34,98$  g) ont été utilisés (West, 1990).

Après confirmation par l'histologie que le diamètre des ovocytes est homogène entre les 3 parties de l'ovaire: parties médiane, postérieure et antérieure et entre les 2 lobes, une fraction est prélevée et pesée au centième de g près de la partie centrale de chaque ovaire. Elle est ensuite conservée dans une solution neutralisée de formol à 5%. Ce produit, donne des meilleurs résultats que le liquide de Gilson (Bouaïn, 1977), il permet de dissocier le tissu conjonctif de l'ovaire et d'isoler ainsi les ovocytes, indispensables pour les comptages

ultérieurs. Le milieu est renouvelé tous les 10 jours environ pour favoriser la dissociation des ovocytes. Cette dernière peut être accélérée par une agitation fréquente des échantillons stockés dans des piluliers.

Après séparation du stroma, les ovocytes sont lavés avec de l'eau douce pour éliminer l'excès de formol et les détritiques concentrés dans le surnageant. Les œufs sont alors dilués dans 1 l d'eau. Une homogénéisation mécanique de la colonne de liquide est nécessaire avant d'effectuer un sous-échantillonnage de 1 ml à l'aide d'une pipette graduée. Ce sous-échantillon est ensuite compté dans une cuve de Dolfuss. Cette opération est reprise 3 fois pour un même prélèvement d'ovaire et la fécondité individuelle absolue est déterminée suivant la formule de Le Bec (1985):

$$F = n (Vd / Vse) \times (Pg / Pe), \text{ où}$$

F: la fécondité individuelle absolue,

n: Moyenne des 3 sous-échantillons,

Vd: Volume de dilution (ml),

Vse: Volume d'un sous-échantillon (ml),

Pg: Masse des ovaires (g),

Pe: Poids de l'échantillon d'ovaire (g).

Par la méthode de l'axe majeur réduit (droite de régression de Tessier), la fécondité absolue ( $F_a$ ) est exprimée en fonction de la longueur totale du poisson ( $L_t$ ), de son poids total ( $P_t$ ), de son poids éviscéré ( $P_e$ ) et du poids des gonades ( $P_g$ ). Cette méthode permet de retrouver la valeur de la fécondité à partir des caractéristiques métriques et pondérales des femelles. L'existence d'une relation linéaire entre la fécondité absolue et le poids éviscéré du poisson permet de calculer la fécondité relative ( $F_r$ ), définie comme étant le nombre d'œufs susceptibles d'être pondus par unité de poids frais.

## **2.9. Techniques d'étude du régime alimentaire.**

### **2.9.1. Technique d'échantillonnage.**

Le régime alimentaire a été étudié sur un échantillon de 281 individus ( $13,5 \leq L_t \leq 17,5$  cm;  $5,18 \leq P_e \leq 33,16$  g).

### **2.9.2. Prélèvement et conservation des tubes digestifs.**

Tous les échantillons ont été préservés dans 10 % de formaldéhyde; les tubes digestifs sont sectionnés longitudinalement et vidés de leurs contenus à l'aide d'une paire de ciseaux dans une boîte de pétrie pour être observés au microscope au grossissement ( $G \times 3,2$ ), ( $G \times 10$ ). Pour l'identification les spécimens sont isolés sur une goutte d'eau glycinée entre lame et lamelle et observés au grossissement ( $G \times 4$ ). Les produits alimentaires ont été identifiés au

niveau taxonomique le plus bas possible comme l'ont préconisé Rose (1933) ou encore Poupin et *al.*, en 1999.

### **2.9.3. Méthodes analytiques.**

#### **2.9.3.1. Analyse qualitative.**

L'analyse quantitative consiste à déterminer la richesse spécifique (RS) ou nombre d'espèces présentes dans le tube digestif. Si l'identification n'a pas atteint le niveau de l'espèce, nous parlerons soit de richesse familiale (RF), soit de richesse générique (RG).

#### **2.9.3.2. Analyse quantitative.**

L'analyse quantitative nous a permis de mettre en évidence, le Coefficient de vacuité et la fréquence (F%) des proies dans les tubes digestifs.

##### **2.9.3.2.1. Coefficient de vacuité (Cv%).**

C'est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre total des tubes digestifs vides et le nombre total de tubes digestifs examinés. Le coefficient de vacuité a été calculé globalement, mensuellement et par saisons.

##### **2.9.3.2.2. Fréquence d'une proie (F%).**

C'est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre total des tubes digestifs contenant la proie *i* ou  $N_i$  et le nombre total des tubes digestifs pleins examinés. La fréquence d'une proie est exprimée par la formule suivante :

$$F\% = \text{Fréquence d'une proie} = \frac{\text{Nombre de tubes digestifs contenant la proie } i \text{ ou } N_i}{\text{Nombre de tubes digestifs pleins examinés}} \times 100$$

### **2.9.4. Etude histologique du tube digestif.**

Les prélèvements des organes sont effectués après éviscération du poisson (N = 30). L'appareil digestif est isolé des autres organes. On prélève les différents constituants du tube digestif à savoir: le foie, l'œsophage, l'estomac, les cæca pyloriques et les intestins.

La démarche suivie pour l'obtention des coupes histologiques est la même que celle utilisée pour les gonades: les 3 principales étapes étant la fixation suivie de la déshydratation-imprégnation puis l'inclusion et enfin la coloration.

### 3. Résultats.

Les résultats obtenus ont été regroupés en 4 parties:

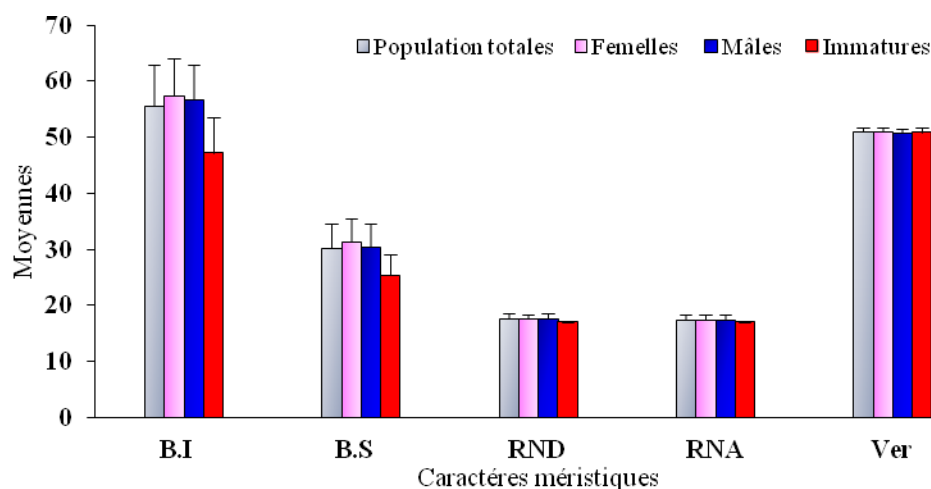
- La 1<sup>ère</sup> concerne la morphométrie: les caractères méristiques, métriques et le dimorphisme sexuel.
- Dans la 2<sup>ème</sup> partie: l'âge et à la croissance linéaire absolue, relative et pondérale.
- Dans la 3<sup>ème</sup> partie la reproduction: la sex-ratio, l'histologie des gonades, les rapports gonado et hépato somatiques, l'adiposité et le coefficient de condition K puis la taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle et les fécondités absolue et relative.
- La 4<sup>ème</sup> partie concerne le régime alimentaire, son analyse qualitative, quantitative, le coefficient de vacuité, les fréquences des proies et l'histologie du tractus digestif.

#### 3.1. Morphométrie.

##### 3.1.1. Caractères méristiques.

L'analyse des caractères numériques de la population totale composée de 468 individus de *S. pilchardus* montre que le nombre de branchiospines inférieures et supérieures varie respectivement entre 38 et 72 et entre 21 et 41 avec une moyenne et un mode respectifs de  $55,71 \pm 7,27$  et 52 pour les inférieures et de  $30,21 \pm 4,42$  et 30 pour les supérieures.

Les nageoires dorsales et anales comportent respectivement 15 à 20 (mode = 18; moyenne =  $17,57 \pm 0,93$ ) et 16 à 19 (mode = 18; moyenne =  $17,53 \pm 0,88$ ). Le nombre des vertèbres est de 50 à 52 (mode = 51; moyenne =  $50 \pm 0,75$ ). La figure 9 illustre les valeurs moyennes des caractères numériques chez *S. pilchardus* du LEA. (voir détaillées en annexe 1, 2, et 3.



**Figure 9.** Valeurs des caractères numériques chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA. BI-BS: branchiospines inférieures et supérieures, RND: rayons de la nageoire dorsale, RNA: rayons de la nageoire anale. Ver: vertèbres.

### 3.1.2. Caractères métriques.

Les différents paramètres métriques en fonction de leurs coefficients d'allométrie sont indiqués dans la figure 10: A, B, C, et D. Les détails des équations de conversion des différents caractères métriques en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) et leurs coefficients de corrélation (r) sont représentés dans les annexes 4, 5, 6, et 7.

L'étude morphologique de **la population totale** montre une corrélation très hautement significative avec  $0,63 \leq r \leq 0,98$  et  $p < 0,001$  entre les paramètres mesurés et la Lt ou la Lc. Parmi les paramètres étudiés, la longueur du maxillaire présente une allométrie minorante alors que la longueur pré-anale (Lpa), la longueur post-orbitaire (Lpo) et la longueur pré-pectorale (Lpp) présentent une allométrie majorante, tandis que les autres paramètres présentent une isométrie de croissance il s'agit de: la longueur standard (Ls), la longueur à la fourche (Lf), la longueur céphalique (Lc), la longueur pré-dorsale (Lpd), pré-orbitaire (Lpo), le diamètre orbitaire (Do), la longueur post-pectorale (Lpp), l'épaisseur du corps (Ec), la hauteur du corps (Hc) et la hauteur du pédoncule caudale (Hpc) (Fig10. A).

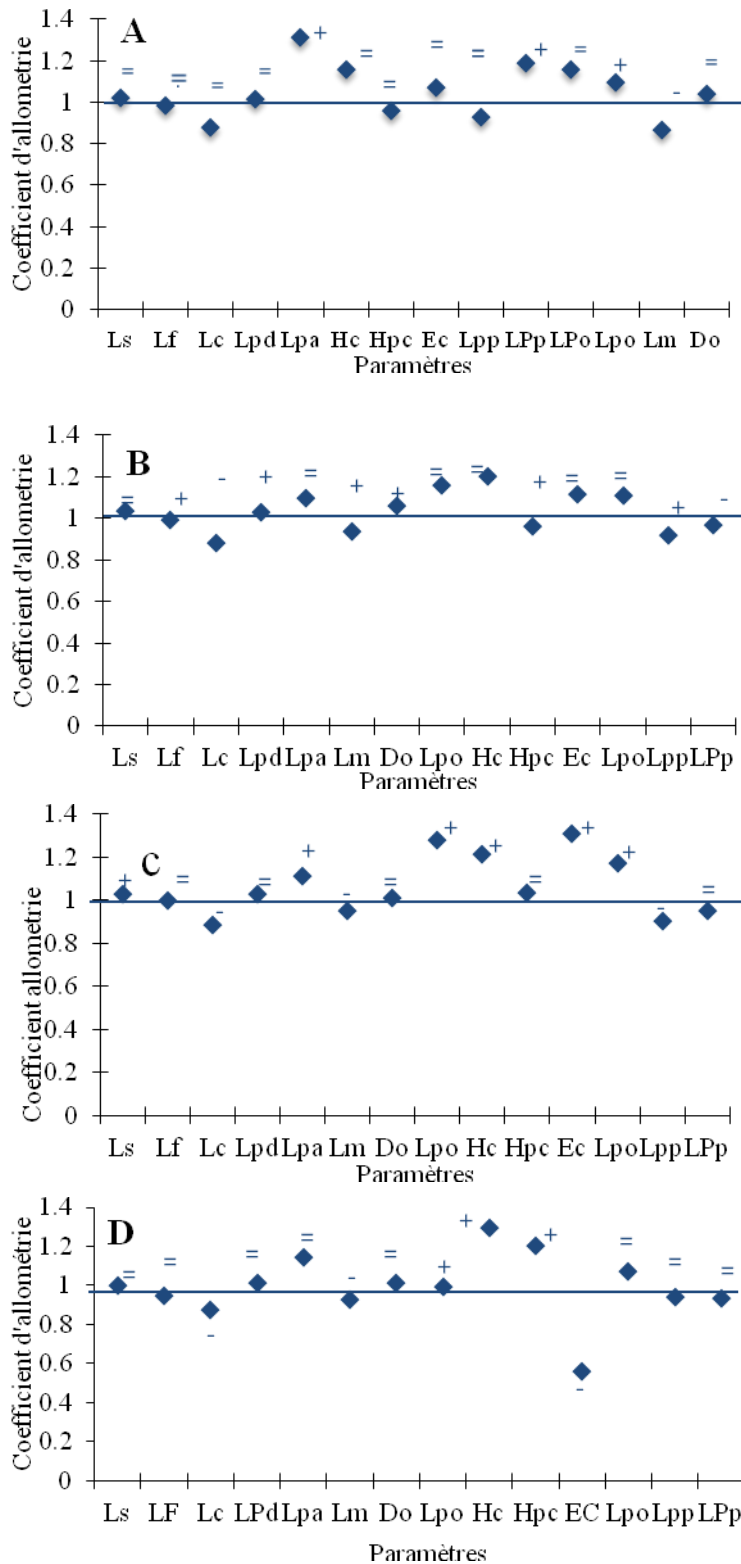
Les différents caractères métriques étudiés **chez les femelles** sont très significativement corrélés à Lt du poisson ou à sa Lc ( $0,47 \leq r \leq 0,98$ ;  $p < 0,001$ ).

Six caractères métriques présentent une allométrie majorante on a: Ls, Lpa, Lpo, Hc, Ec et Lpo. Six autres caractères se caractérisent par une isométrie de croissance: Lf, Lpd, Lm, Do, Hpc, Lpp. Deux caractères, Lc et Lpp présentent une allométrie minorante (Fig10. B).

L'étude morphométrique **chez les mâles** montre aussi une corrélation très hautement significative pour l'ensemble des couples de longueurs ( $0,40 \leq r \leq 0,99$ ;  $p < 0,001$ ). Nous avons compté 6 caractères métriques qui présentent une allométrie majorante: Ls, Lpa, Lpo, Hc, Ec, et Lpo. L'isométrie de croissance concerne 5 paramètres métriques qui sont: Lf, Lpd, Do, Lpp, Hpc. La Lm, Lc et Lpp ils présentent une allométrie minorante (Fig10. C).

**Chez les immatures**, il y a une corrélation très hautement significative entre les paramètres mesurés et (Lt) du poisson ou (Lc) ( $0,61 \leq r \leq 0,98$ ;  $p < 0,001$ ).

(Ls), (Lf), (Lpd), (Lpa), (Do), (Lpo), (Lpp) et (Lpp) présentent une isométrie de croissance, tandis que (Lc), (Lm) et (Ec) une allométrie minorante. L'allométrie majorante concerne (Hc), celle du (Hpc) et (Lpo) (Fig10. D).



**Figure 10.** Variations du coefficient d'allométrie chez la population totale (A), les femelles (B), les mâles (C) et les individus immatures (D). (-): allométrie minorante, (+): allométrie majorante, (=): isométrie. (Ls: longueur standard, Lf: longueur à la fourche, Lpa: longueur Pré-anale, Lpp: longueur Pré-pectorale, Lpp: longueur post-pectorale, Lpo: longueur Pré-orbitaire, Lpo: longueur post-orbitaire, Do: diamètre orbitaire, Lm: longueur du maxillaire, LPd: longueur Pré-dorsale, Lc: longueur céphalique, Hc: hauteur du corps, Hpc: hauteur du pédoncule caudal, Ec: Epaisseur du corps).

### 3.1.3. Dimorphisme sexuel.

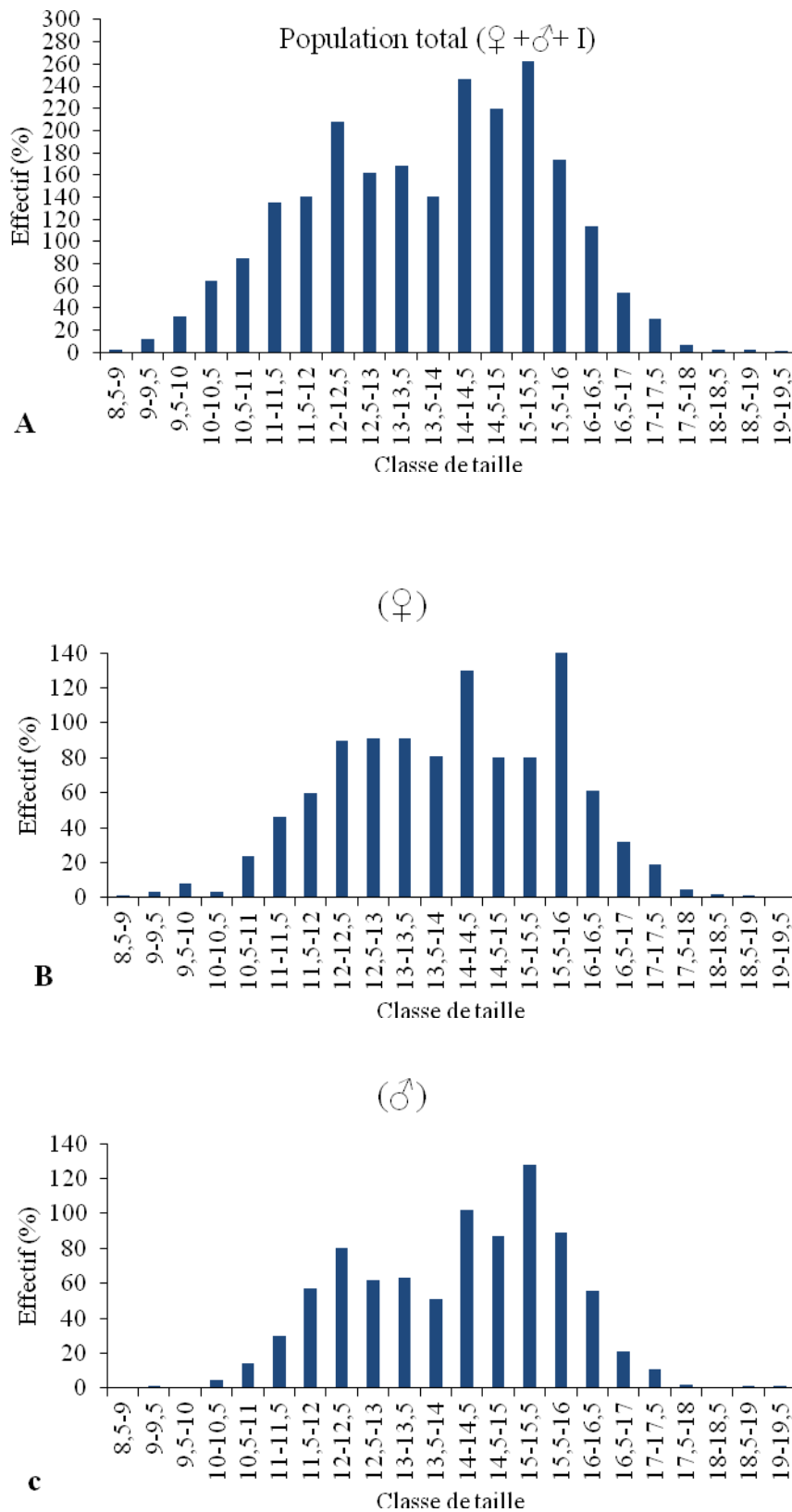
L'égalité des variances résiduelles entre les sexes séparés (mâles et femelles) est confirmée par le test F. Aucune différence significative ( $P \leq 0,05$ ) entre les pentes des droites de régression, pour les différents caractères métriques n'est observée aussi bien chez les mâles que les femelles (Tab. 6). En revanche, les valeurs de "tpe" montrent que les positions de ces droites sont significativement différentes avec  $P \geq 0,05$  dans le cas supérieur (Lc, Lpa, Hc, Hpc, Ec). Ainsi, ces caractères mettent en évidence un dimorphisme sexuel où la croissance de ces derniers est plus importante chez les femelles (Tab. 6).

**Tableau 6.** Représentation des caractères de dimorphisme sexuel. (\*: Différence significative,  $t_{ev}$ : test d'égalité des variances,  $t_{pe}$ : pentes des 2 droites de régression,  $t_{po}$ : Position des deux droites.

Paramètres	$t_{ev}$	$t_{pe}$	$t_{po}$
Ls	1,35	1,05	0,01
Lf	1,29	0,51	0,03
Lc	1,42	<b>4,67*</b>	-
Lpd	1,37	1,08	0,04
Lpa	2,82	<b>7,19*</b>	-
Lm	1,16	1,83	0,06
Do	1,27	1,44	-
Lpo	1,09	2,32	0,08
Hc	1,51	<b>3,59*</b>	-
Hpc	1,14	<b>2,15*</b>	-
Ec	1,26	<b>5,05*</b>	-
LPo	1,37	0,46	0,08
Lpp	1,43	1,54	0,01
LPp	1,45	1,81	0,01

### 3.2. Age et croissance.

La distribution des fréquences de taille à été établie avec des classes de 0,5 cm la figure 11: A, B et C represente la structure de la population échantillonnée pour les populations totale, des femelles et des mâles. Les donnés détaillées sont consignées dans l'annexe 8.



**Figure 11.** Distribution des fréquences de taille chez les populations totale (A), de femelles (B) et mâles (C) de sardine *S. pilchardus* pêchée dans LEA.

**3.2.1. Détermination d'âge.**

La méthode de Bhattacharya (1967) nous a permis de décomposer l'échantillon de la sardine en 3 cohortes qui se regroupent respectivement autour des longueurs et à chacune d'elle nous avons associé une taille moyenne en cm correspondante et un indice de séparation (S.I) (Tabs. 7, 8 et 9).

**Tableau 7:** Représentation des résultats de la clé âge-longueur de la population totale de *S. pilchardus* obtenus par la méthode de S.I: indice de séparation, (n.a: non affiché).

Age (an)	Taille moyenne	Ecart-Type	S.I
1	11,96	1,05	n.a
2	15,06	0,93	2170
3	17,61	1,01	2080

**Tableau 8.** Représentation des résultats de la clé âge-longueur des femelles de *S. pilchardus* obtenus par la méthode de S.I: un indice de séparation, (n.a: non affiché).

Age (an)	Taille moyenne	Ecart-Type	S.I
1	12,81	0,93	n.a
2	15,47	0,68	2150
3	17,13	0,40	2070

**Tableau 9.** Représentation des résultats de la clé âge-longueur des mâles de *S. pilchardus* obtenus par la méthode de S.I: un indice de séparation, (n.a: non affiché).

Age (an)	Taille moyenne	Ecart-Type	S.I
1	12,34	0,91	n.a
2	14,97	0,99	2110
3	17,50	0,48	2130

**3.2. 2. Croissance.**

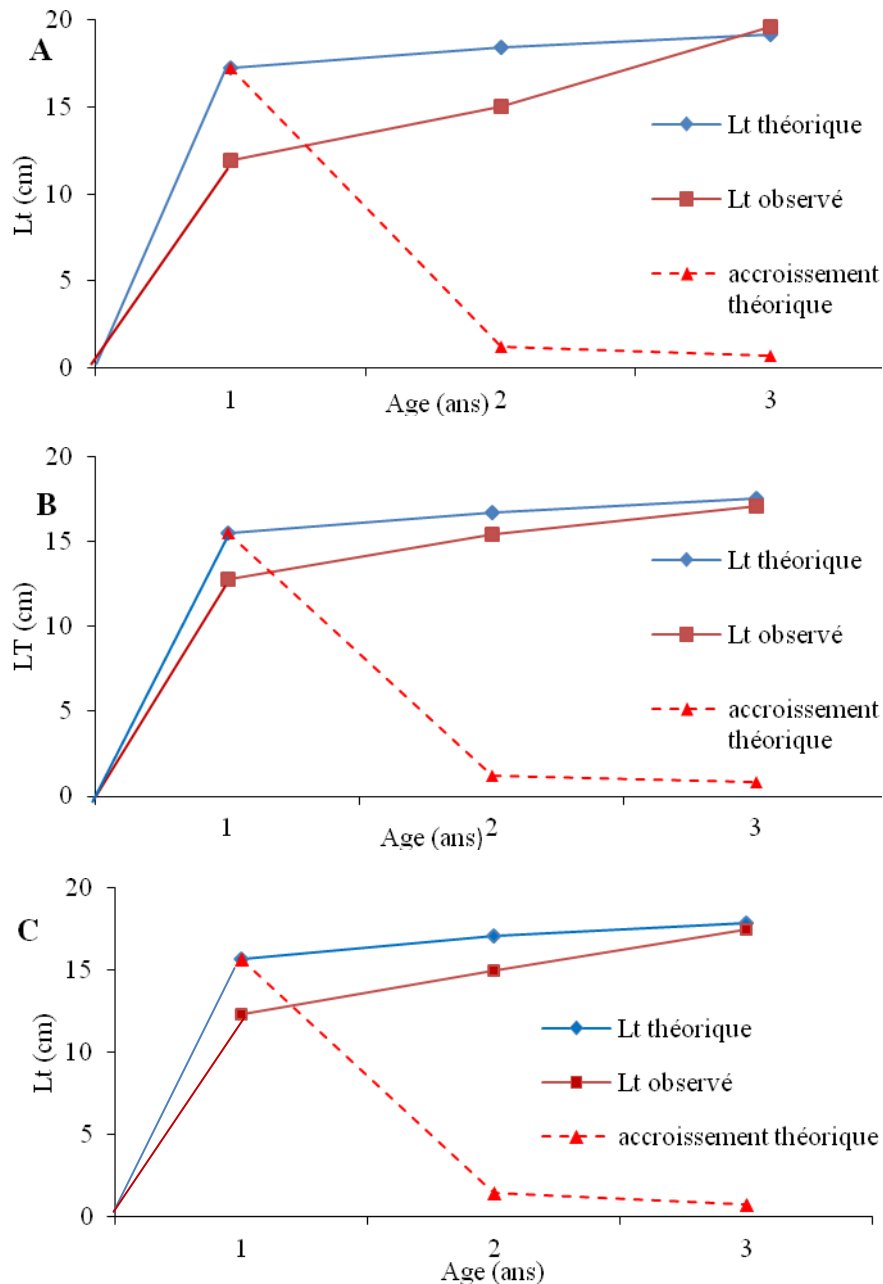
**3.2.2.1. Croissance linéaire absolue.**

Les paramètres estimés du modèle de Von Bertalanffy sont présentés dans le tableau 10.

Sexe	Paramètres				Equation	Tailles extrêmes
	$L_{\infty}$	K	$t_0$	$\phi$	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$	$L_{min}-L_{max}$
<b>P.totale</b>	20,21	0,51	-2,77	2,31	$L_t = 20,21 [1 - e^{-0,51(t+2,77)}]$	8,5-19
<b>Mâle</b>	18,64	0,67	-1,73	2,36	$L_t = 18,64 [1 - e^{-0,67(t+1,73)}]$	9,5-19
<b>Femelle</b>	19,16	0,4	-3,16	2,16	$L_t = 19,16 [1 - e^{-0,4(t+3,16)}]$	9-18,5

Les valeurs théoriques des longueurs correspondant à chaque âge sont représentées graphiquement dans la figure 12 (voir détail en annexe 9). La valeur de la longueur

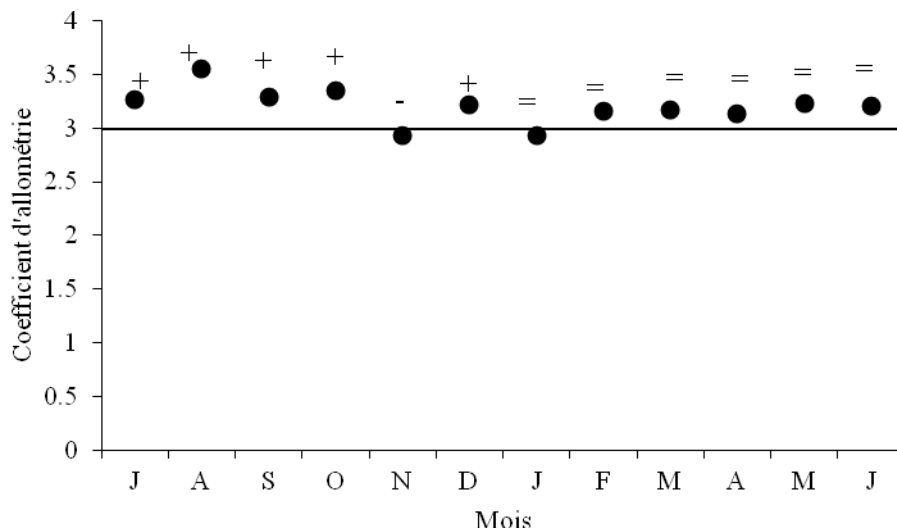
asymptotique des femelles est de 19,16 cm, elle est > à celle des mâles qui atteint 18,64 cm. Chez les sardines le taux de croissance évolue avec l'âge, ce dernier quand il est annuel est élevé durant la 1<sup>ère</sup> année de vie avec 17,26 chez la population totale (Fig.12 A), 15,53 chez les femelles (Fig.12 B) et 15,66 chez les mâles (Fig.12 A), avant de diminuer progressivement avec l'âge du poisson. Cette différence reste importante durant la 1<sup>ère</sup> année de vie du poisson puis elle diminue au fur et à mesure que le poisson vieillit on a respectivement 0,7; 0,8 et 0,74 cm à 3 ans chez la population totale, les femelles et les mâles.



**Figure 12.** Représentation des croissances linéaires observées et accroissements linéaires théoriques chez la population totale (A), les femelles (C) et les mâles (B) de *S. pilchardus*.

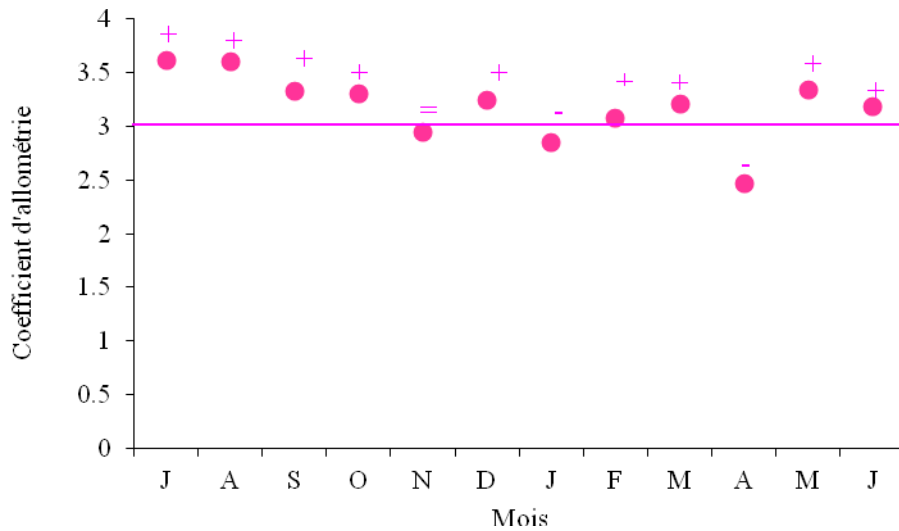
### 3.2.2.2. Croissance relative ou taille-poids.

L'expression mathématique de la relation taille-poids est établie mensuellement puis globalement, aussi bien pour la population totale ou pour les sexes séparés, **Chez la population totale**, on a montré une corrélation très hautement significative entre ces 2 paramètres ( $0,64 \leq r \leq 0,97$ ;  $p < 0,001$ ). Le poids évolue plus vite que la taille avec  $b = 3,1$ ;  $t_{\text{obs}} = (5,52$ ;  $p > 0,05)$ . Un seul cas d'allométrie minorante est rencontré en novembre avec  $b = 2,84$ ;  $t_{\text{obs}} = 1,98$  et  $p < 0,05$ . La croissance isométrique concerne janvier, février, mars, avril, mai, juin alors qu'une allométrie majorante est observée en juillet, août, septembre et octobre, décembre (Fig. 13) (voir détail en annexe 10).



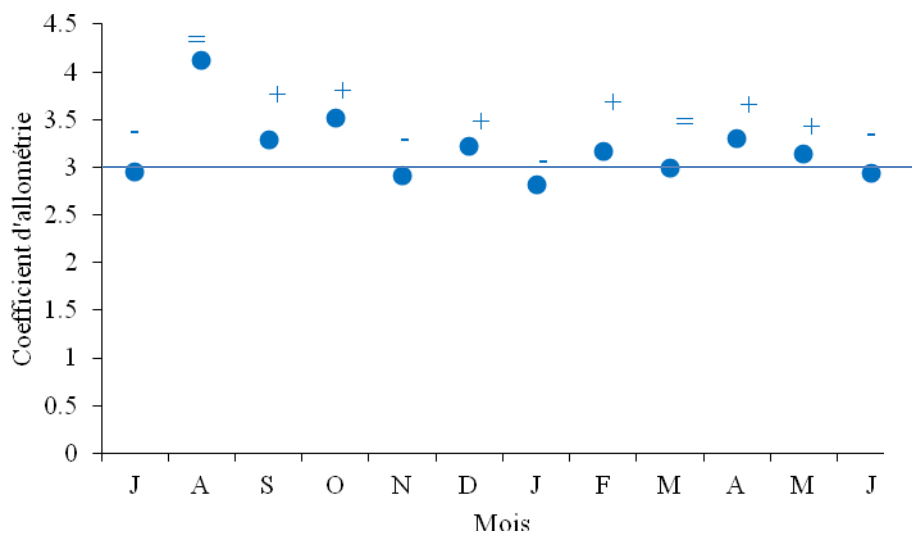
**Figure 13.** Représentation des variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-poids chez la population totale de *S. pilchardus* de LEA. =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

**Chez les femelles**, la relation taille-poids est fortement corrélée avec  $0,63 \leq r \leq 0,97$  et  $p < 0,001$ . La croissance globale présente une allométrie majorante où  $b = 3,23$ ;  $t_{\text{obs}} = 6,08$  et  $p > 0,05$ , deux cas d'allométrie minorante ont été enregistrés en janvier et avril, une isométrie en novembre, les autres mois présentent une allométrie majorante (Fig. 14) (voir détail en annexe 11).



**Figure 14.** Représentation des variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-poids chez les femelles de *S. pilchardus* du LEA. =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Nous avons également noté l'existence d'une relation liant le poids éviscéré à la longueur totale des mâles ( $0,38 \leq r \leq 0,99$ ;  $p < 0,001$ ). Globalement, le poids croît moins vite que la taille avec  $b = 1,09$ ;  $t_{\text{obs}} = 19,81$ ;  $p < 0,05$ . Quatre cas d'allométrie minorante ont été observés en juillet, janvier, novembre et juin alors qu'une isométrie de croissance est rencontrée en août et mars, les autres mois présentent une allométrie majorante (Fig. 15) (voir détail en annexe 12).



**Figure 15.** Représentation des variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-poids chez les mâles de *S. pilchardus* de LEA. =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Les pentes ou les valeurs de b de la relation taille-poids diffèrent significativement entre les sexes (analyse de covariance ANCOVA car  $F = 4758,622$  et  $p < 0,0001$ ). Elles indiquent une croissance d'allométrie minorante chez les mâles où  $b = 2,96$  et une allométrie majorante chez les femelles avec  $b = 3,01$ .

**3.2.2.3. Croissance pondérale absolue.**

Connaissant le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids et les paramètres de Von Bertalanffy  $L_{\infty}$ , K et  $t_0$ . (Tab. 11), le modèle de la croissance pondérale absolue est exprimé par les équations suivantes:

- Population totale:  $P_{ev} = 59,73 [1 - e^{-0,51(t + 2,77)}]^{3,12}$
- Mâle:  $P_{ev} = 40,32 [1 - e^{-0,67(t + 1,73)}]^{2,96}$
- Femelle:  $P_{ev} = 83,23 [1 - e^{-0,4(t + 3,16)}]^{3,23}$

**Tableau. 11.** Les paramètres de modèle de la croissance pondérale absolue.

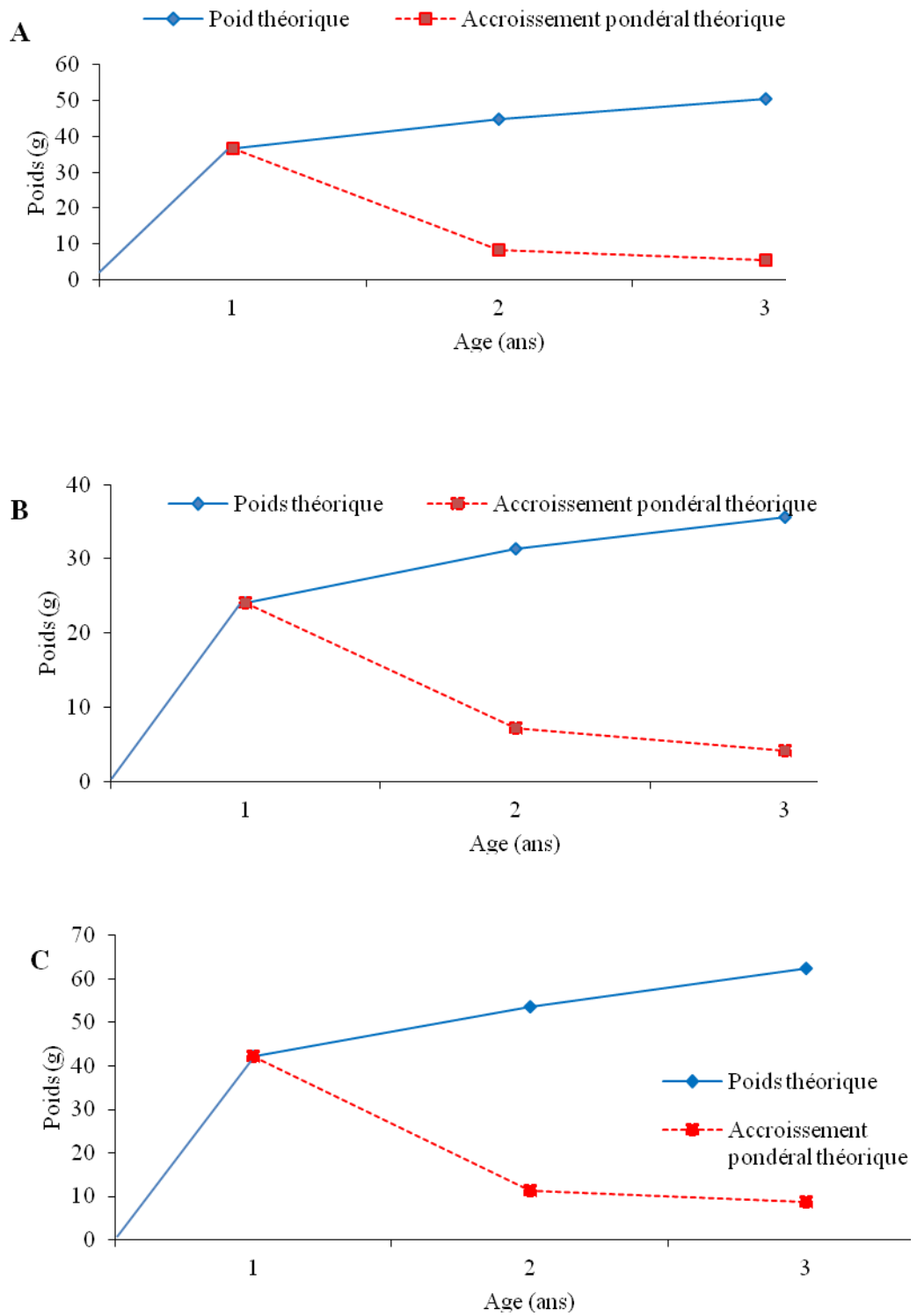
Sexe	Paramètres				Equation	Poids extrêmes
	$P_{\infty}$	k	$t_0$	$\varphi$	$P_{ev} = p_{\infty} [1 - e^{-k(t - t_0)}]^b$	$P_{ev\ min} - P_{\max}(g)$
Population totale	59,73	0,51	-2,77	2,31	$P_{ev} = 59,73 [1 - e^{-0,51(t + 2,77)}]^{3,12}$	4,16 -45,47
Mâle	40,32	0,67	-1,73	2,36	$P_{ev} = 40,3 [1 - e^{-0,67(t + 1,73)}]^{2,96}$	3,48-39,62
Femelle	83,23	0,4	-3,16	2,16	$P_{ev} = 83,23 [1 - e^{-0,4(t + 3,16)}]^{3,23}$	4,35-49,68

Les poids éviscérés asymptotiques  $P_{\infty}$  chez la population totale, les mâles et les femelles respectivement 59,73 g; 40,32 g et 83,23 g sont > au poids éviscérés maximaux échantillonnés qui sont de 45,47 g; 39,62 g et 49,68 g.

-Chez la population totale, l'accroissement pondéral est de 36,54 g durant la première année. Le gain pondéral augmente au cours de la deuxième année (8,34g/an). Ce taux commence à diminué progressivement jusqu'à une valeur de 5,59 g/an à l'âge de 3 ans. (Fig. 16 A).

-Chez les mâles, l'accroissement pondéral est de 24,09 g durant la première année. Le gain pondéral augmente au cours de la deuxième année (7,24g/an). Ce taux commence à diminué progressivement jusqu'à une valeur de 4,21 g/an à l'âge de 3 ans. (Fig. 16 B).

-Chez les femelles, l'accroissement pondéral est de 42,29 g durant la première année. Le gain pondéral augmente au cours de la deuxième année (11,43g/an). Ce taux commence à diminué progressivement jusqu'à une valeur de 8,75 g/an à l'âge de 3 ans. (Fig. 16 C). Voir détail en annexe 13).

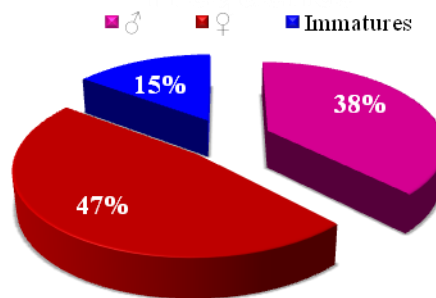


**Figure 16.** Représentation de la croissance théorique et de l'accroissement pondérale théorique chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (c) de *S. pilchardus* du LEA.

### 3.3. Reproduction.

#### 3.3.1. Sex-ratio et états sexuels en fonction des saisons, mois et tailles.

Globalement, la population échantillonnée est structurée on a 1076 femelles (47,48%), 853 mâles (37,64%) et 337 immatures (14,88%) (Fig.17). La sex-ratio global (SR) déterminé lors du cycle annuel est de 1,26:1 ( $\chi^2 = 25,77$ ;  $P \leq 0,001$ ). Elle est constamment en faveur des femelles pendant toute la période d'échantillonnage, notamment au cours du cycle sexuel annuel (Tab. 12.)

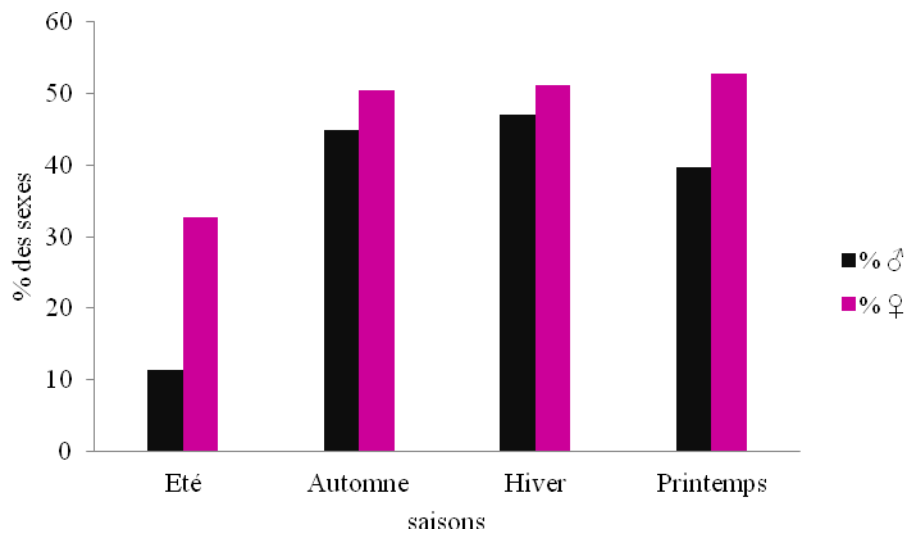


**Figure 17.** Structure de la population de *S. pilchardus* échantillonnée dans les eaux du LEA.

**Tableau 12.** Caractérisation de l'échantillon de *S. pilchardus* du LEA, IM: immature, CA: cycle annuel, PR: période de reproduction, HPR: hors période de reproduction, (\*\*  $P \leq 0,01$ , \*\*\* $P \leq 0,001$ ).

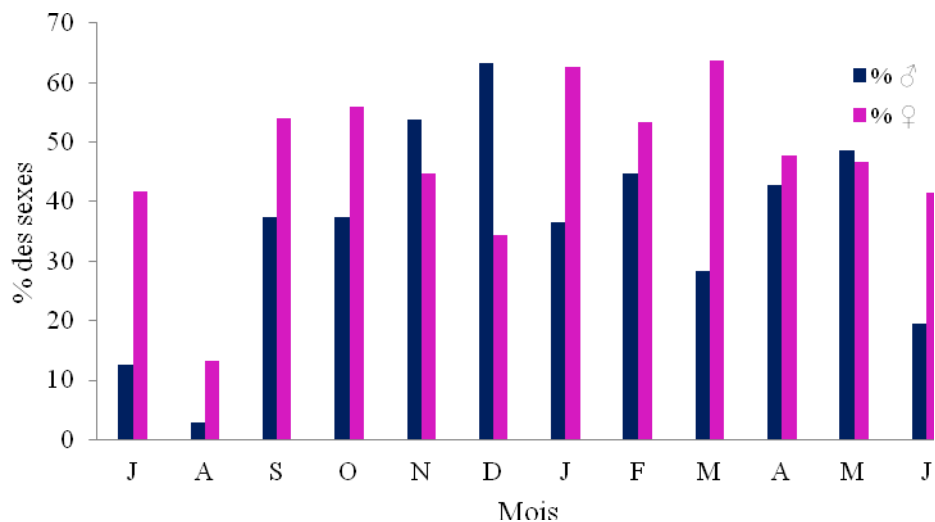
Sexe		♀	♂	Sex-ratio	$\chi^2_{obs}$
Période					
CA	Effectif	1076	853	1.26	25.77***
	Fréquence	47.48%	37.64%		
PR		710	627	1.13	5.15**
HPR		362	228	1.59	30.34***

Les variations saisonnières de la sex-ratio (SR) sont représentées dans la figure 18 et les détails dans l'annexe 14. L'analyse temporelle de la répartition numérique des sexes montre que la sex-ratio est en faveur des femelles en été (SR = 2,86;  $\chi^2_{obs} = 46,8$ ;  $p < 0,05$ ) en automne (SR = 1,12;  $\chi^2_{obs} = 3,65$ ;  $p < 0,05$ ) et au printemps (SR = 1,32;  $\chi^2_{obs} = 6,20$ ;  $p < 0,05$ ) alors qu'elle est constante en hiver (SR = 1,08;  $\chi^2_{obs} = 0,48$ ;  $p > 0,05$ ).



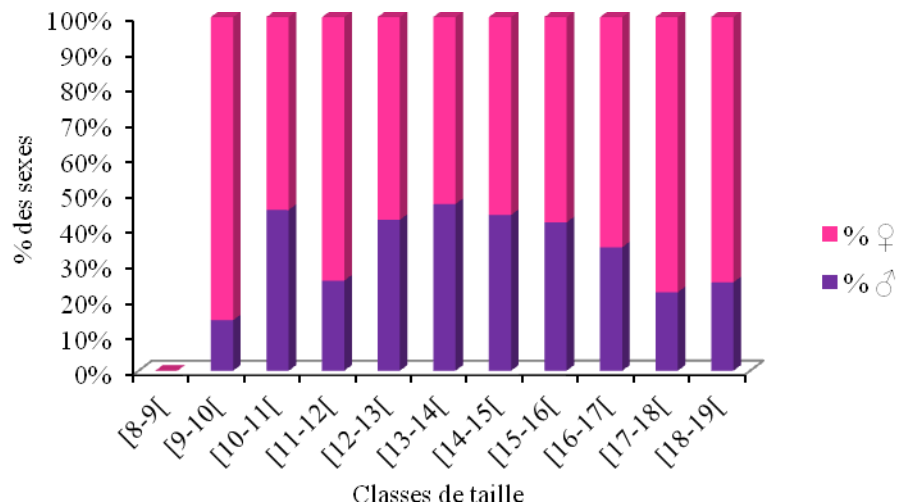
**Figure 18.** Représentation de la structure saisonnière de la population de *S. pilchardus* échantillonnée dans les eaux du LEA.

Les variations mensuelles de la sex-ratio (SR) sont représentées dans la figure 19 et les détails dans l'annexe 15. Elle est en faveur des femelles en juillet, septembre, janvier, mars et juin, elle est en faveur des mâles en novembre (SR = 0,82 ;  $\chi^2_{\text{obs}} = 4,68$  ;  $p < 0,05$ ), (décembre (SR = 0,54 ;  $\chi^2_{\text{obs}} = 7,35$  ;  $p < 0,05$ ), elle est constant au cours des autres mois à exception du mois aout ou le test est invalide parce que l'effectif des mâles est  $> 5$ .



**Figure 19.** Structure mensuelle de la population de *S. pilchardus* échantillonnée dans les eaux du LEA.

La répartition des états sexuels en fonction de la taille a été effectuée en regroupant les spécimens en classe de taille de 1 cm d'intervalle allant de 8 à 19 cm. L'évolution des sexes en fonction de la taille des poissons montre que les femelles dominent dans les classes de tailles entre [9-13 cm [ et [16-19 cm [, alors que dans les classes de tailles [13-16 cm [, la distribution des poissons est équilibrée entre mâles et femelles (Fig. 20) (voir détail en annexe 16).



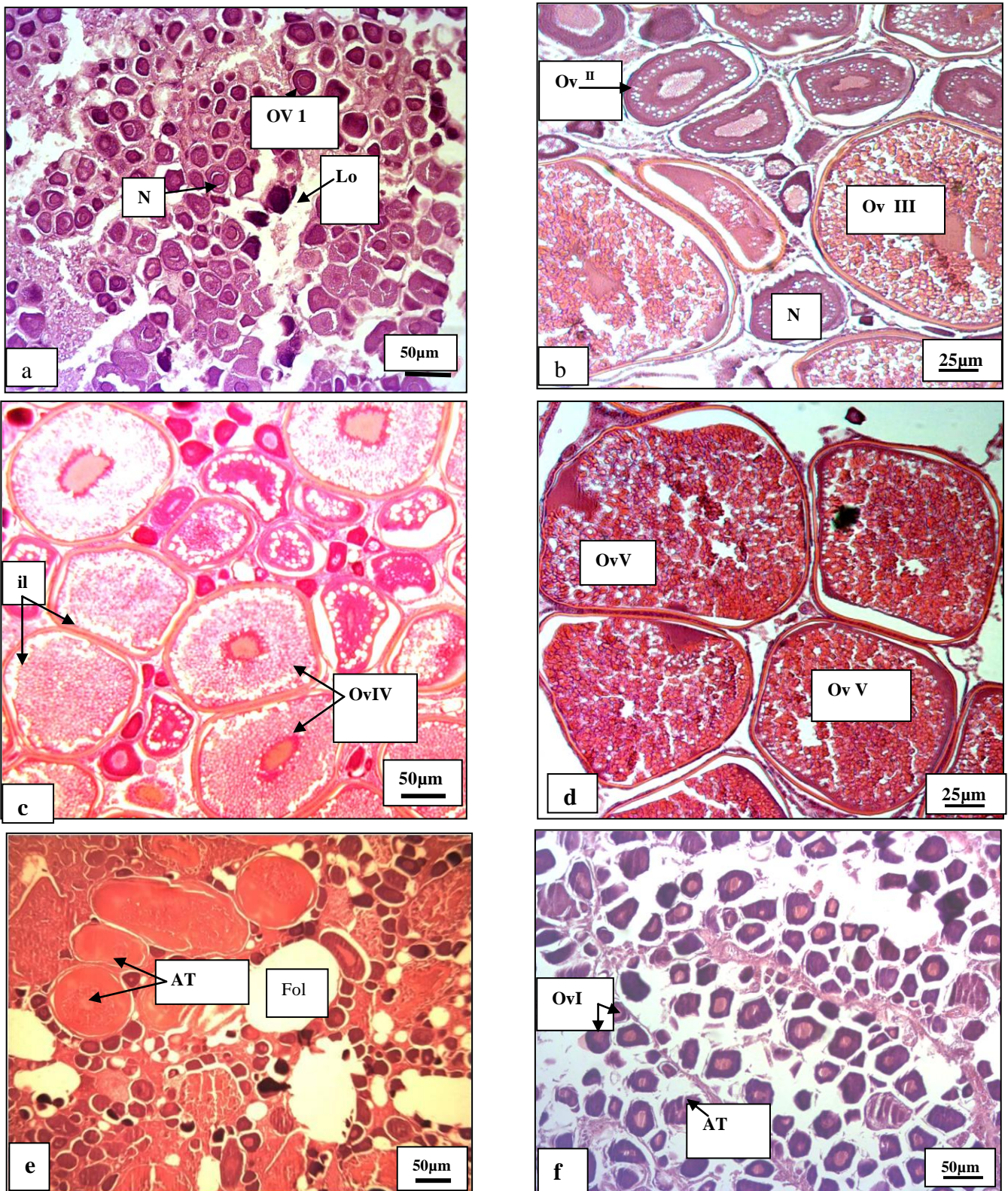
**Figure 20.** Variations de la sex-ratio en fonction de la taille chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

### 3.3.2. Histologie des gonades.

L'observation microscopique de gonades femelles correspondant aux différentes phases annuelles de maturation sexuelle a permis de constater la croissance des cellules en fonction des stades de l'ovogenèse suivant 5 stades: immature, pré-ponte, ponte, post-ponte, repos sexuel (Tab. 13). L'évolution ovocytaire se déroule en 2 étapes, la pré-vitellogenèse suivie de la vitellogenèse en se référant à la taille des ovocytes, l'homogénéité de leur structure, la quantité et la distribution des inclusions lipidiques et protéiques dans le cytoplasme constituant les enclaves ou globules vitellins (Fig. 21).

**Tableau 13.** Représentation des cinq stades de maturation sexuelle des ovaires de *S. pilchardus* basés sur des caractéristiques cyto-histologiques.

Stade	Structure Histologique
Stade I: Immature	Petits ovocytes de phase I (20 - 25 µm) arrondis, au contour régulier avec gros noyau et cytoplasme dense et homogène, sans formation de granules vitellins (Fig. 21 a).
Stade II: Pré-ponte	Follicules bien regroupés et remplis de gros ovocytes libres dans la cavité du follicule. Ce stade se caractérise par la présence d'ovocytes de différentes phases : - Ovocyte de phase II: plus volumineux avec un noyau central plus gros contenant un ou plusieurs nucléoles et un cytoplasme homogène renfermant une couronne périphérique d'alvéoles corticales (Fig. 21 b), ovocyte en vitellogenèse endogène. -Ovocyte de phase III: granules vitellins de plus grande taille remplissant la cavité folliculaire (100 - 150 µm). Le noyau est central. Le cytoplasme est envahi par des inclusions vitellines s'organisant en liséré périnucléaire. Les couches folliculaires s'organisent en thèque externe, zone pellucide et granulosa (Fig. 21b). - Ovocyte de phase IV avec inclusions lipidiques autour du noyau central et en périphérie du cytoplasme (Fig.21 c).
Stade III: Ponte	Ovocyte mature de phase V en début d'hydratation avec noyau excentré. Ovocyte en vitellogenèse avancée semblant liquéfié, les inclusions vitellines fusionnent, lui donnant un aspect hyalin. Enveloppe nucléaire irrégulière avec migration du noyau vers l'un des pôles. À ce stade, l'ovocyte peut se détacher de sa thèque et de sa <i>granulosa</i> pour être libéré dans la cavité ovarienne afin d'être expulsé (Fig. 21d).
Stade IV: Post-ponte	Follicules vides post-ovulatoires entourés de tissu conjonctif lâche. Les ovocytes présentent une structure lâche et atrétique. Les lames ovariennes renferment également des ovocytes vitellogéniques dans différents stades (stock cellulaire pour d'éventuels cycles sexuels) (Fig. 21 c).
Stade V: Repos sexuel	Les ovaires renferment des ovocytes atrétiques ainsi que des ovocytes prévitellogéniques qui pourront amorcer leur évolution lors du prochain cycle sexuel (Fig. 21 f). Les espaces libérés par la dégénérescence des ovocytes vitellogéniques sont recolonisés par ces ovocytes prévitellogéniques au repos renfermant un volumineux noyau central avec de nombreux nucléoles. Leur cytoplasme contient quelques vésicules vitellines en liséré périphérique.

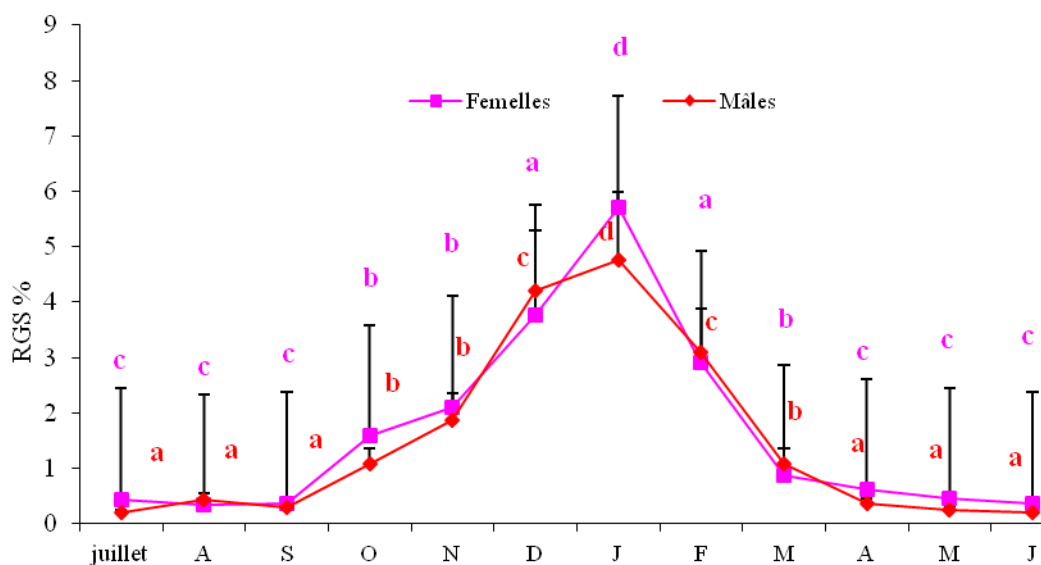


**Figure 21.** Représentation histologique des 5 stades de maturité cellulaire des ovaires de *S. pilchardus*. Coloration à l'hémalun – éosine. **OvI**: Ovocyte primaire de stade I, **Ov<sup>er</sup> II**: Ovocyte primaire de phase II, **Ov II**: Ovocyte secondaire de phase II, **OvIII**: Ovocyte primaire de phase III, **OvI**: Ovocyte primaire de phase VI, **O**: Ovocyte primaire de phase V, **N**: Noyau, **il**: inclusions lipidique, **AT**: Ovocyte atrétique, **Lo**: Lumière ovarienne, **Fol**: follicules vides (lacunes poste-ovulatoires). **a**: Stade immature, **b**: Pré-ponte, **c**: Ponge, **e**: Post-ponte, **f**: Repos sexuel.

### 3.3.3. Rapport Gonado-Somatique.

La variation mensuelle du rapport gonado-somatique (RGS) chez *S. pilchardus* montre une phase ascendante s'étalant d'octobre à janvier on enregistre alors le rapport maximum chez les femelles avec  $5,71 \pm 1,73$  et chez les mâles avec  $4,75 \pm 1,40$ . A partir de février, les valeurs du RGS chutent considérablement chez les femelles pour atteindre  $2,91 \pm 2,21$  et  $3,08 \pm 2,10$  chez les mâles. Les rapports les plus bas sont retrouvés en avril aussi bien chez les femelles avec  $0,607 \pm 0,727$  que chez les mâles avec  $0,36 \pm 0,32$ .

L'application de l'ANOVA entre les moyennes des RGS nous a permis de mettre en place l'existence d'une hétérogénéité entre ces valeurs, que se soit pour les femelles où  $F_{\text{obs}} = 13,124$  et  $P \leq 0,001$  que pour les mâles avec  $F_{\text{obs}} = 3,225$  et  $P \leq 0,001$  leur comparaison 2 à 2 par le test Newman-Keuls montre que les valeurs moyennes de mars, octobre, novembre, décembre et janvier sont différentes de celles rencontrées en février, avril, mai, juin, juillet, août et septembre (Fig. 22). (Voir détail en annexe 17).

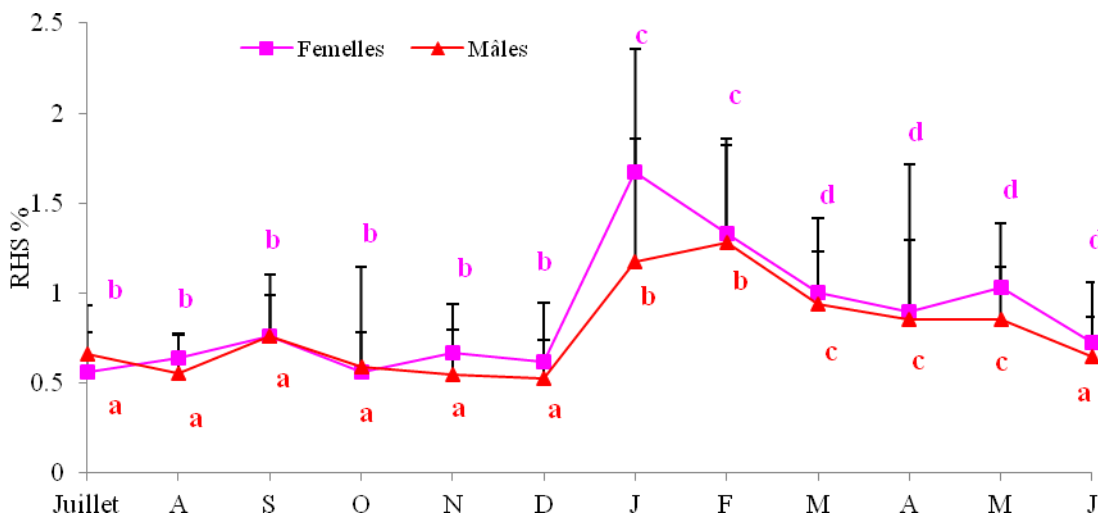


**Figure 22.** Evolutions mensuelles des RGS chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA. La dissemblance des lettres indique la présence d'une différence significative entre les divers points.

(a, b, c, d): chaque combinaison entre deux mois est associée à une ou plusieurs lettres. Deux combinaisons partageant la même lettre ne sont pas significativement différentes. Deux combinaisons n'ayant aucune lettre en commun sont significativement différentes.

### 3.3.4. Rapport Hépat-Somatique.

Les valeurs du rapport hépat-somatique (RHS) semblent modérées lors du cycle annuel. Elles augmentent brusquement entre décembre et janvier avec une valeur maximale de  $1,675 \pm 0,678$  chez les femelles et  $1,175 \pm 0,682$  chez les mâles. Cette évolution se poursuit jusqu'en février pour atteindre  $1,332 \pm 0,525$  chez les femelles et  $1,281 \pm 0,541$  chez les mâles. Le test de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les valeurs moyennes du RHS chez les femelles avec  $F_{\text{obs}} = 2,08$  et celles retrouvées chez les mâles où  $F_{\text{obs}} = 43,11$  avec  $P \leq 0,001$  (Fig. 23) (voir détail en annexe 18).



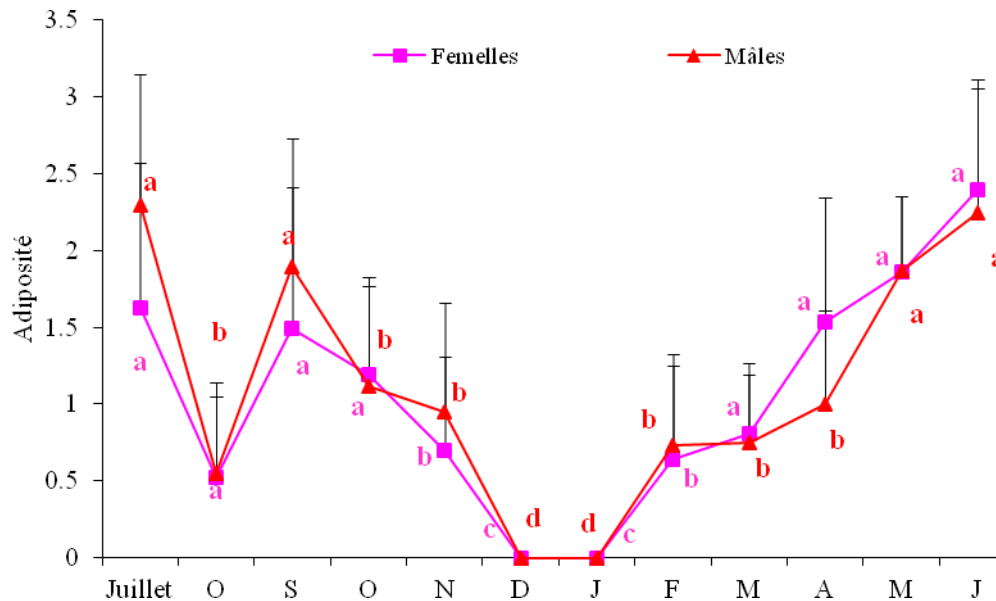
**Figure 23.** Représentation des évolutions mensuelles du RHS chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA. La dissemblance des lettres indique l'existence d'une différence significative entre les divers points.

### 3.3.5. Adiposité.

Les valeurs de l'adiposité fluctuent tout au long du cycle sexuel. Elles présentent un pic en septembre chez les femelles:  $1,49 \pm 0,91$  et chez les mâles:  $1,89 \pm 0,83$  ainsi qu'un autre plus culminant en juin avec chez les femelles  $2,39 \pm 0,66$  et plutôt en juillet chez les mâles avec  $2,29 \pm 0,85$ . Pendant la période de reproduction, les valeurs de l'adiposité

diminuent entre octobre et janvier aussi bien chez les mâles que chez les femelles. Deux valeurs nulles ont été observées en décembre et janvier pour les 2 sexes.

Le test de variance révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les valeurs moyennes de l'adiposité pour les femelles ( $F_{\text{obs}} = 85,2$ ;  $P \leq 0,001$ ) et pour les mâles ( $F_{\text{obs}} = 65,2$ ;  $P \leq 0,001$ ). Le test de Newman-Keuls montre que les valeurs moyennes de l'adiposité obtenues en décembre et janvier diffèrent à celles des autres mois (Fig. 24) (voir



détail en annexe 19).

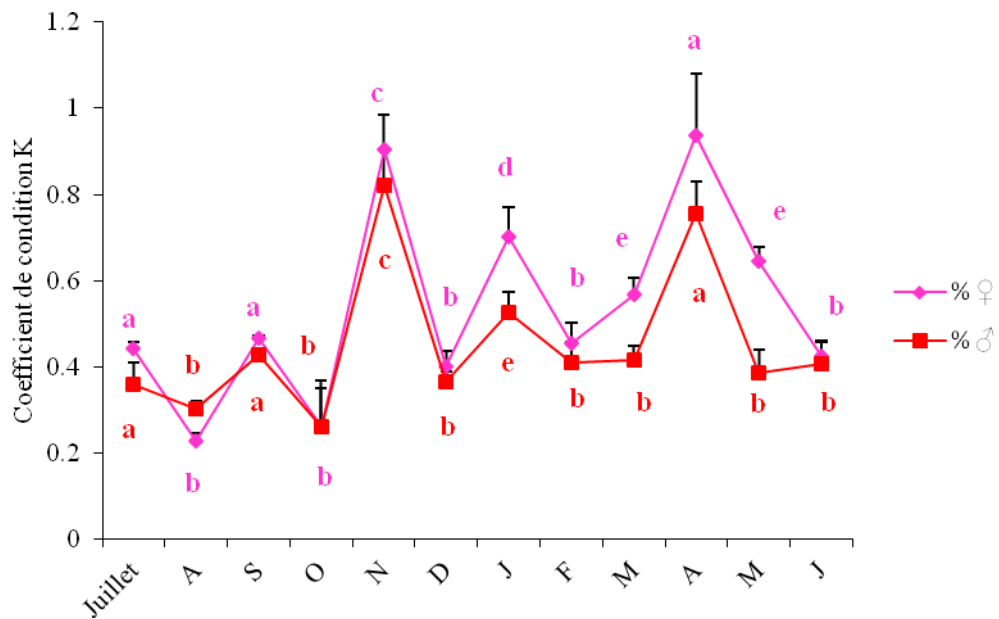
**Figure 24.** Représentation des évolutions mensuelles de l'adiposité chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA. La dissemblance des lettres montre l'existence d'une différence significative entre les divers points.

### 3.3.6. Coefficient de condition K.

Les valeurs du coefficient de condition K varient entre  $0.22 \pm 0.01$  à  $0.93 \pm 0.14$  chez les femelles et  $0.26 \pm 0.08$  et  $0.82 \pm 0.08$  chez les mâles. Le poisson se nourrit durant toute l'année toutefois, il existe une phase de bonne condition remarquable en automne avec un pic en novembre estimé à  $0.90 \pm 0.08$  chez les femelles et  $0.82 \pm 0.08$  chez les mâles et au printemps avec un maximum en Avril de  $0.93 \pm 0.14$  chez les femelles et  $0.75 \pm 0.07$  chez les mâles.

Le test de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les valeurs moyennes de K avec  $F_{\text{obs}} = 1437,31$  chez les femelles et  $F_{\text{obs}} = 1234,45$  chez les mâles où  $P \leq 0,001$ . Le test de Newman-Keuls confirme que les valeurs moyennes du

coefficient de condition K obtenues en novembre et avril sont différentes de celles des autres mois (Fig. 25) (voir détail en annexe 20).



**Figure 25.** Fluctuations mensuelles du coefficient de condition K chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA. La dissemblance des lettres montre l'existence d'une différence significative entre les divers points.

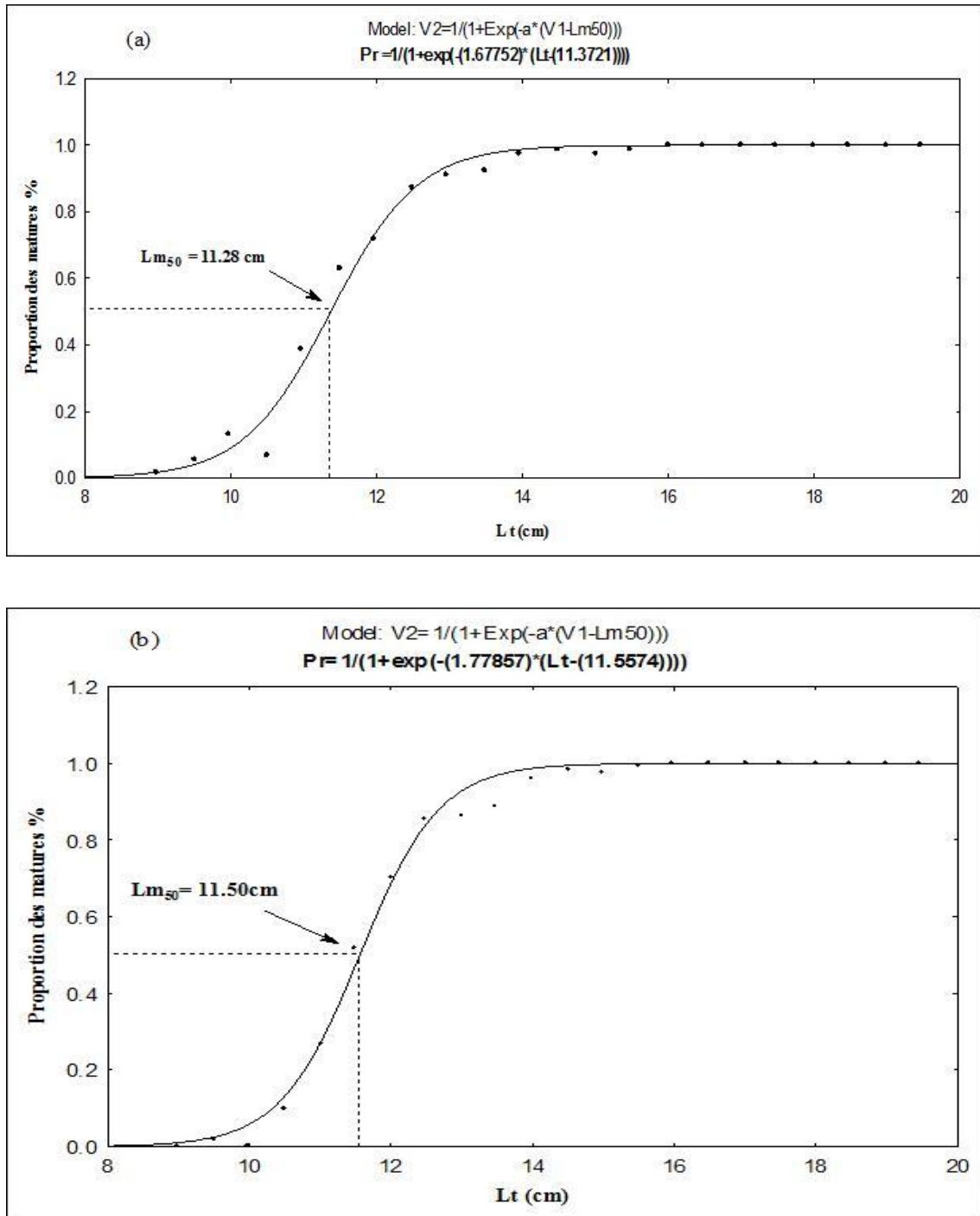
### 3.3.7. Taille à la première maturité sexuelle.

La connaissance de la taille de 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle est très utile dans la détermination de la taille minimale de capture. L'évolution par classes de taille des fréquences des individus matures (Fig. 26) a permis de situer la taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle ( $L_{t50}$ ) pour laquelle 50 % des individus de la population sont aptes à se reproduire.

Elle est estimée chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA à une longueur totale :

- 11,28 cm pour les femelles.
- 11,5 cm pour les mâles.

Au-delà de 15 cm, tous les individus échantillonnés sont matures.



**Figure 26.** Taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle chez les femelles (a) et chez les mâles (b) de *S. pilchardus* du LEA.

### 3.3.8. Fécondité absolue et fécondité relative.

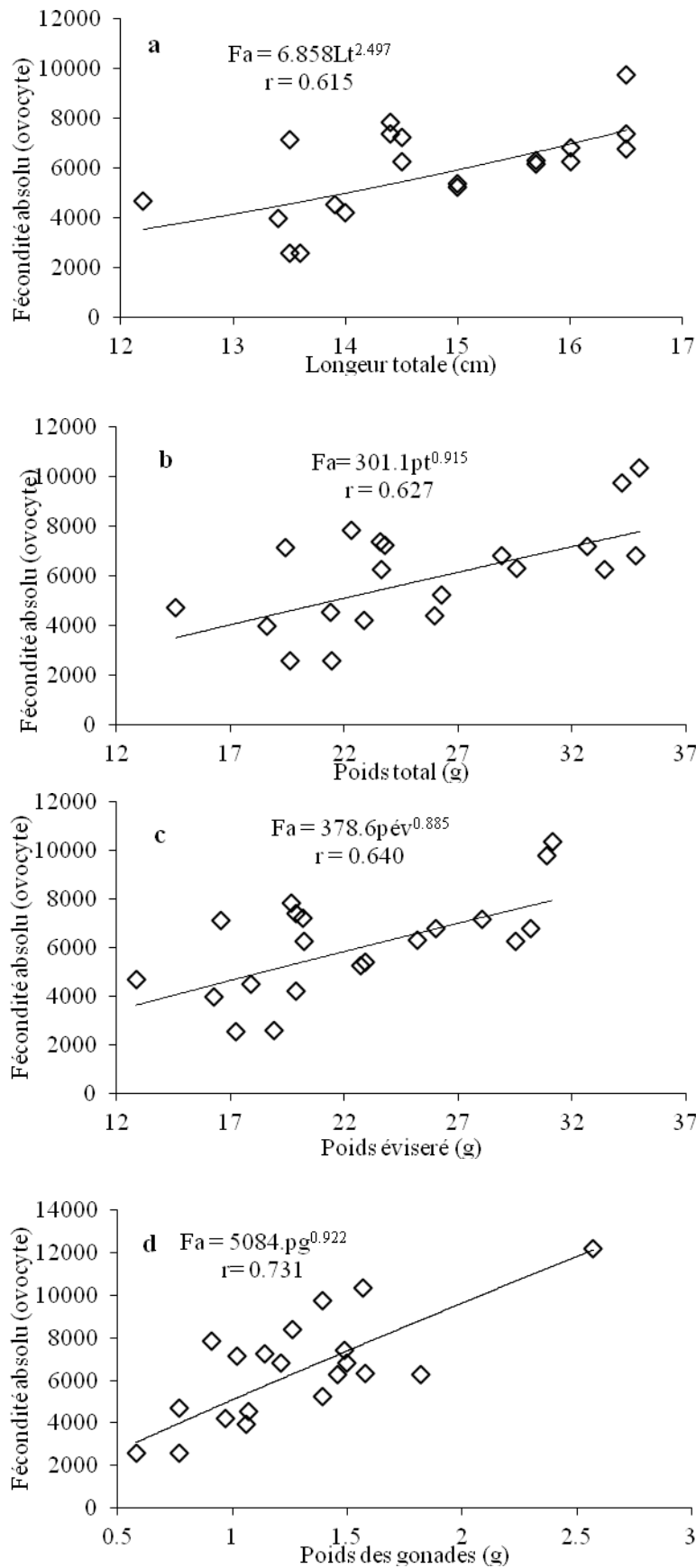
Les relations entre la fécondité absolue (Fa), la longueur totale (Lt), le poids total (Pt), le poids éviscéré (Pe) ou le poids des gonades (Pg) sont représenté dans le tableau 14.

**Tableau 14** Relations fécondité moyenne en fonction de divers paramètres de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA; Lt: longueur totale, Pt: poids total, Pe: poids éviscéré, Pg: poids de la gonade. (\*\*  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ ).

Fonctions	Relation d'allométrie	r	Valeurs extrêmes
$F_a = f(L_t)$	$F_a = 6,85L_t^{2,49}$	0,61**	$2572 \leq F_a \leq 17195$ œufs $12,2 \leq L_t \leq 16,5$ cm
$F_a = f(P_t)$	$F_a = 301,1P_t^{0,91}$	0,62**	$2572 \leq F_a \leq 17195$ œufs $14,6 \leq P_t \leq 34,38$ g
$F_a = f(P_e)$	$F_a = 378,6P_e^{0,88}$	0,64**	$2572 \leq F_a \leq 17195$ œufs $12,86 \leq P_e \leq 31,14$ g
$F_a = f(P_g)$	$F_a = 5084P_g^{0,922}$	0,73***	$2572 \leq F_a \leq 17195$ œufs $0,58 \leq P_g \leq 2,57$ g

La fécondité absolue est comprise entre 2572 et 17195 œufs avec une valeur moyenne de  $7382 \pm 4122$  œufs. La fécondité relative oscille entre 136,41 ( $L_t = 13,6$  cm,  $P_t = 21,44$  g) et 671,75 ( $L_t = 15$  cm,  $P_t = 25,99$  g) avec une moyenne de  $325,37 \pm 142,48$  œufs/g (voir détail en annexe 21). Les relations entre la fécondité et les différents paramètres biologiques retrouvées sont:

- avec la longueur totale  $F_a = 6,858L_t^{2,497}$ ,  $r = 0,615$ , (Fig. 27, a)
- avec le poids total  $F_a = 301,1P_t^{0,915}$ ,  $r = 0,627$ , (Fig. 27, b)
- avec le poids éviscéré  $F_a = 378,6P_e^{0,88}$ ,  $r = 0,64$ , (Fig. 27, c)
- avec le poids des gonades  $F_a = 5084P_g^{0,922}$ ,  $r = 0,731$ , (Fig. 27, d)



**Figure 27.** Relations entre la fécondité absolue et la longueur totale (a), le poids total (b), poids éviscéré (c) et poids des gonades (d) chez *S. pilchardus*.

### 3.4. Régime alimentaire.

#### 3.4.1. Analyse qualitative.

##### 3.4.1.1. Diversité des proies ingérées.

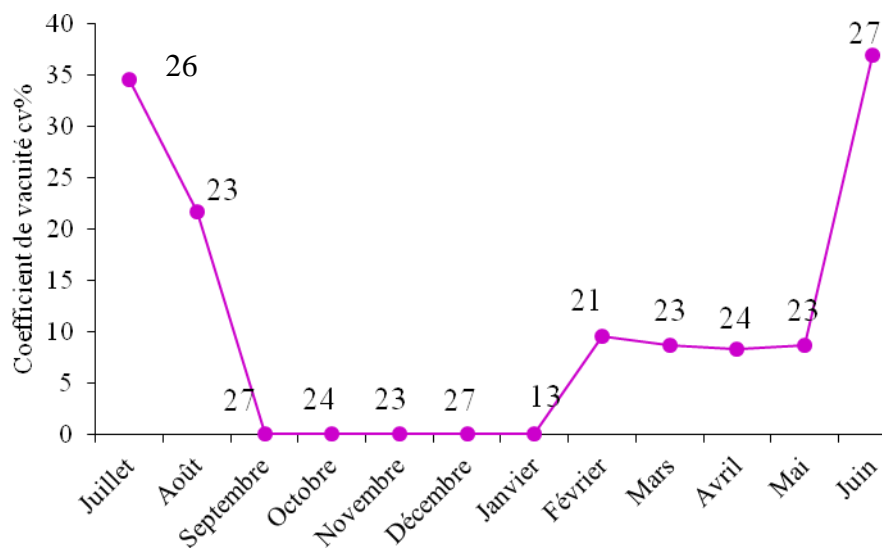
Sur les 281 estomacs, 249 ou 88,61% contenaient de la nourriture et 32 (11,38%) étaient vides. Les mois ayant le pourcentage le plus élevé d'estomacs pleins sont: septembre, octobre, novembre, décembre et janvier.

Dix groupes de proies différents ont été identifiés: Dinoflagellates, Cnidaires, Cladocères, Ostracodes, Copépodes, Decapodes, Amphipodes, Mollusques, Mysidacés, Vertèbres (ichtyoplanctan. Un total de 21 espèces compose l'alimentation de *S. pilchardus*. Cette diversité spécifique est représentée par 2 Dinoflagellates: (*Protoberidinium* sp, *Ceratuim* sp, ), Cladocères (*Evadne* sp, *Podon* sp), Mollusques (Bivalve larve, Gasteropode larve), Vertèbres (œufs de poisson, larves du poisson), Copepodes (*Acartia* sp, *Candacia* sp, *Calocalanus* sp, *Centropages* sp, *Corycaeus* sp, *Clanus* sp, *Faranula rostrata*, *Oncaea mediterranea*, *Oncaea media*, *Oncaea* sp, *Paracalanus* sp, *Temor stylifera*, *Sapphirina opalin*).

#### 3.4.2. Analyse quantitative.

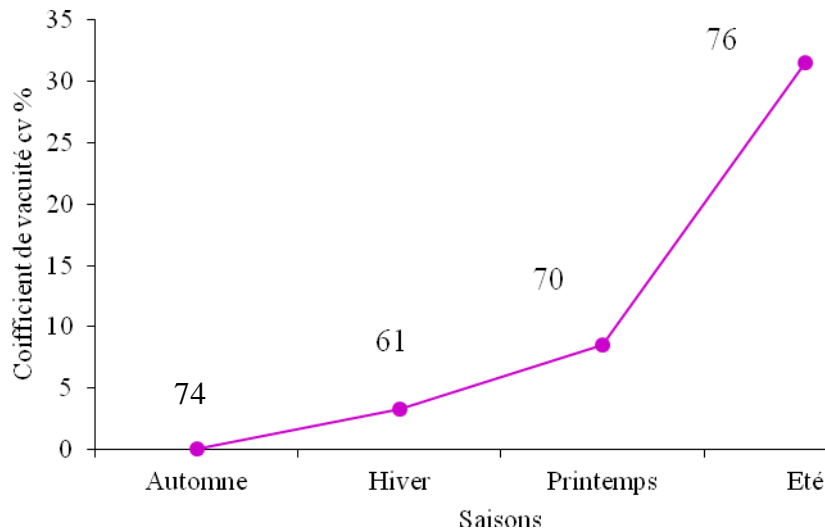
##### 3.4.2.1. Coefficient de vacuité.

Sur 281 tubes digestifs examinés, 32 étaient vides, ce qui correspond à une vacuité moyenne annuelle de 11,38%. Avec des valeurs maximales de 37,03% en juin et de 34,71 en juillet, la vacuité baisse en août pour atteindre 21,73 alors qu'en septembre, octobre, novembre, décembre et janvier elle est nulle puis augmente graduellement à partir de février avec un Cv = 9,52% jusqu'au pic de juin. (Fig. 28) (voir détail en annexe 22).



**Figure 28.** Evolutions mensuelles des coefficients de vacuité (Cv %) chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux des côtes du LEA.

En fonction des saisons, le coefficient de vacuité atteint une valeur maximale en été avec un 31,57% avant de baisser progressivement jusqu'à 0 en automne (Fig. 29) (voir détail en annexe 23).



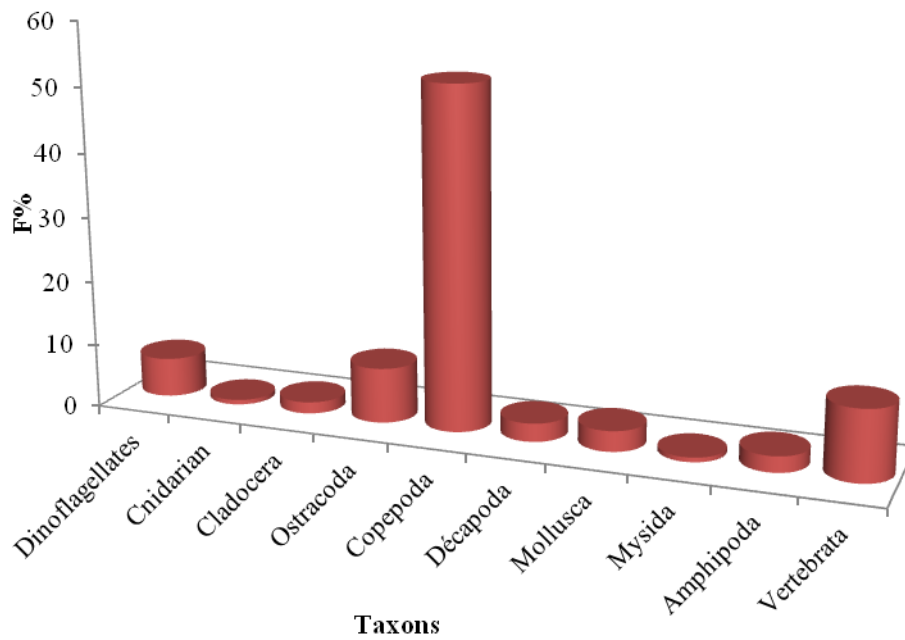
**Figure 29.** Evolutions saisonnières des coefficients de vacuité (Cv %) chez *S. pilchardus* des côtes du LEA.

### 3.4.2.2. Fréquence globale des proies.

La fréquence des proies est illustrée dans la figure 30, les proies les plus fréquentes sont:

- Les Copépodes avec F = 52,66%,
- Les Vertèbres avec F = 11,03%, les Ostracodes avec F = 8,54%,
- Les Dinoflagellés avec F = 6,04%.

Les fréquences des proies nous permettent de classer les Copépodes comme des proies principales, les Vertèbres comme proies secondaires et les Ostracodes et les Dinoflagellés comme des proies accessoires.

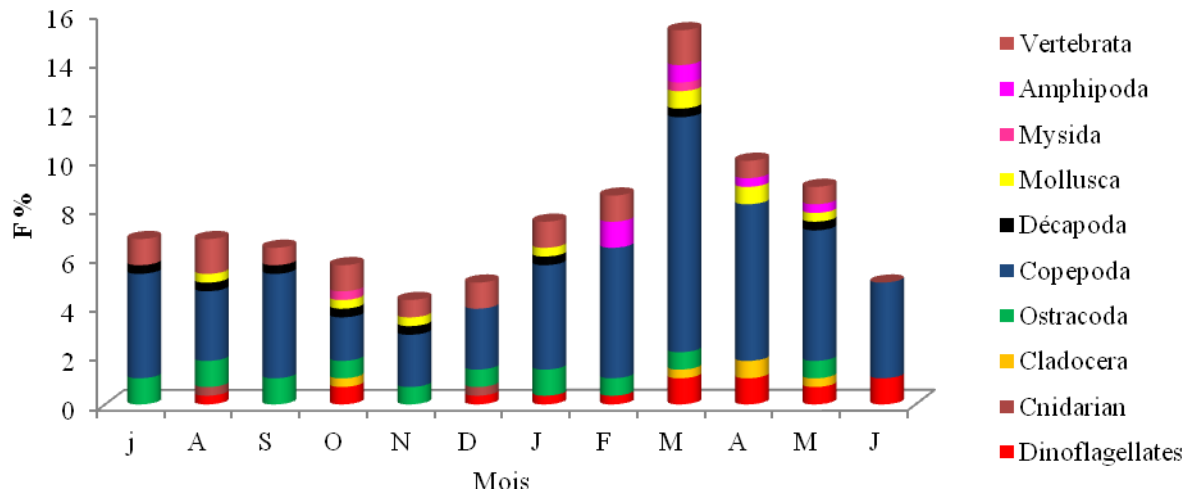


**Figure 30.** Fréquence global des taxons ingérés par *S. pilchardus*.

### 3.4.2.3. Fréquence mensuel des proies.

Les Copépodes dominent pendant toute l'année avec une valeur maximale de la fréquence en mars où F atteint 9,60%, les Vertébrés particulièrement les œufs de poissons ont été rencontrés dans l'alimentation de *S. pilchardus* sauf en juin. On a remarqué l'absence de Dinoflagellés en juillet, septembre et novembre, alors que les Ostracodes, présents tous les mois, sont absents en avril et juin.

Une alternance de présence des proies d'un mois à l'autre caractérise l'alimentation de *S. pilchardus* du LEA, Fig. 31. (voir détail en annexe 24).



**Figure 31.** Fréquences mensuel des taxons ingérés par *S. pilchardus*.

#### 3.4.2.4. Variations saisonnières du régime alimentaire.

Les Copépodes sont les proies les plus fréquentes pendant toutes les saisons:

Eté: F = 11,03%;

Automne: F = 8,18 %;

Hiver: F = 12,09%;

Printemps: F = 21,35%.

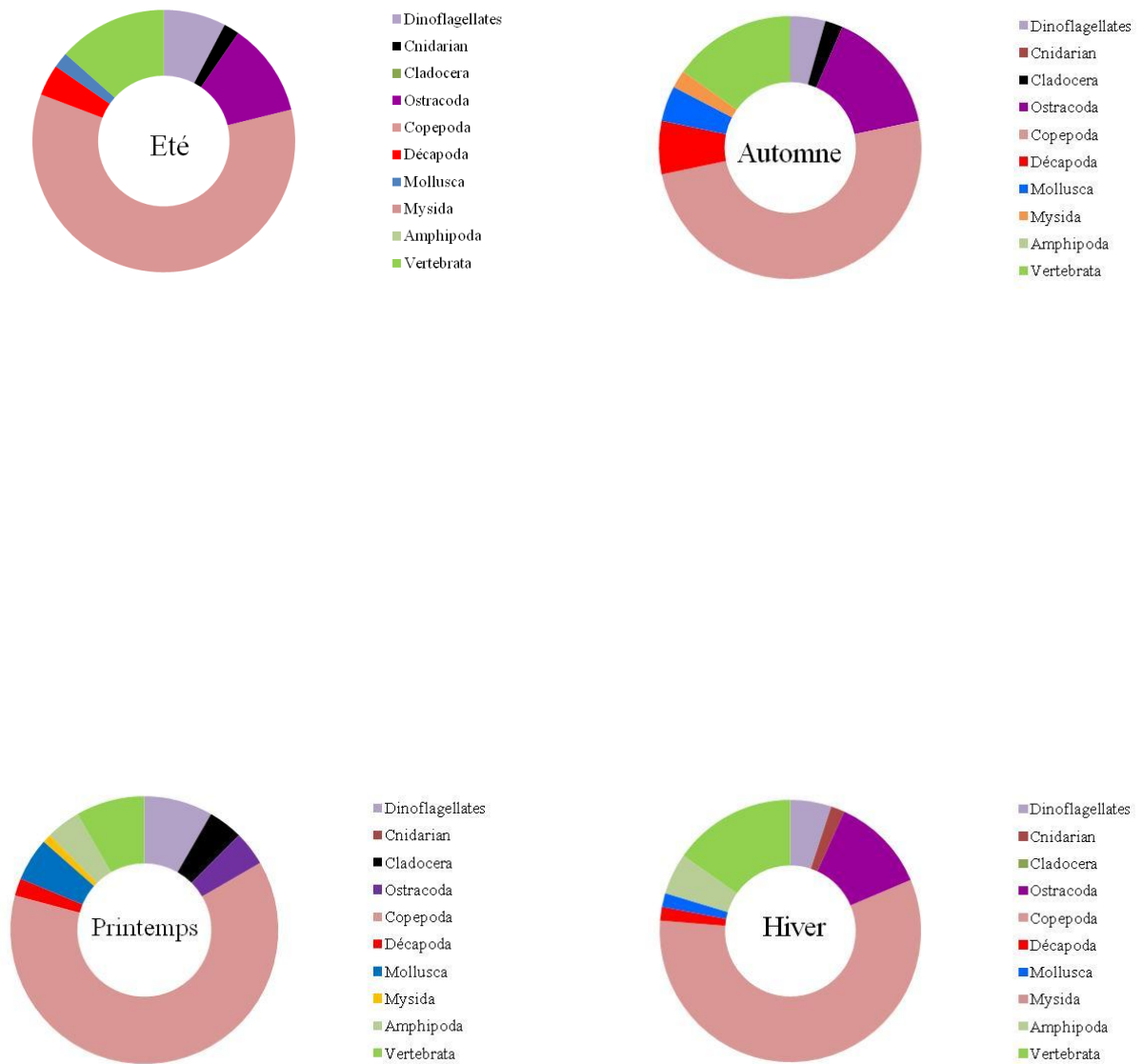
Les Vertébres (Les œufs de poissons):

Eté et Automne: F = 2,49%;

Automne; Hiver: F = 3,20%;

Printemps: F = 2,84%.

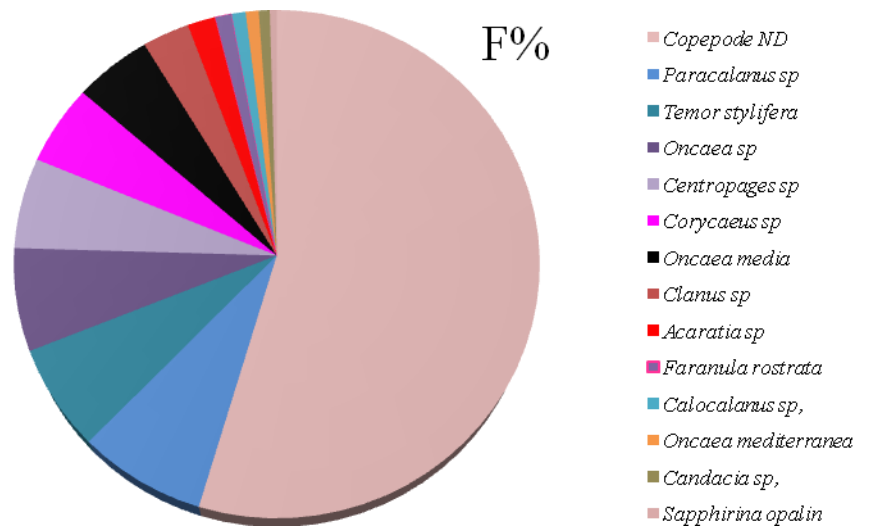
La richesse taxinomique est plus élevée au printemps que durant les autres saisons avec une présence de 9 taxons et 11 espèces (Fig. 32) (voir détail en annexe 25).



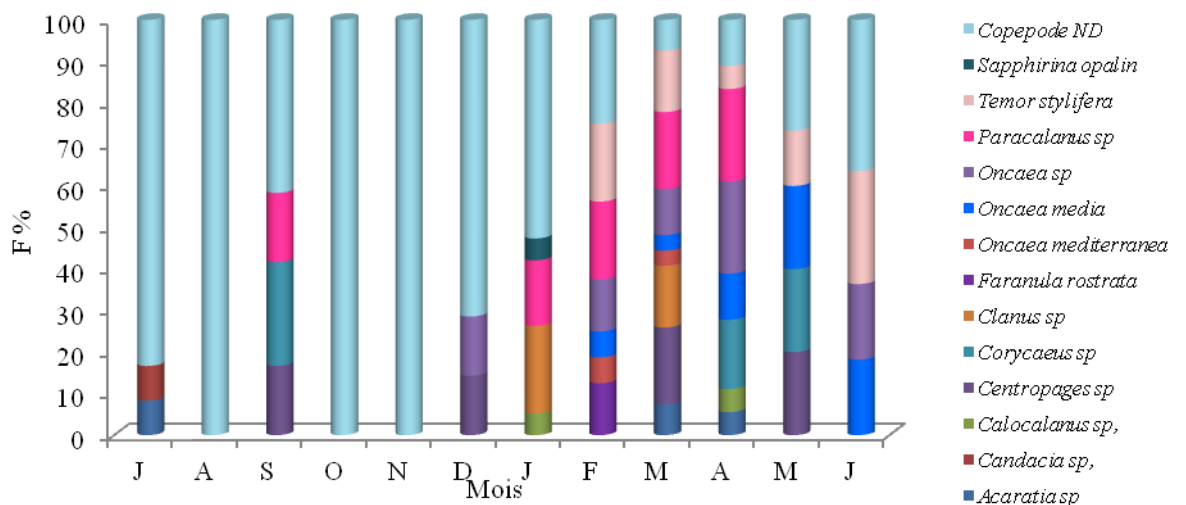
**Figure 32.**Fréquences saisonnier des taxons ingérés par *S. pilchardus*.

**3.4.2.5. Diversité globale et mensuelle des Copépodes.**

Les Copépodes sont le groupe le plus abondant dans la nourriture de *S. pilchardus*, 9 espèces ont été identifiées, les Copépodes non identifiés (ND) ou digérés sont très fréquents, tous les mois particulièrement en aout, octobre, novembre ou elles sont complètement digérées. *Paracalanus* sp est l'espèce la plus fréquente avec F = 91,94%; elle est présente en septembre, janvier, février, mars et avril, puis *Temora stylifera*, avec F = 79,72% qui est observée à partir de janvier jusqu'à juin. *Oncaea* sp est rencontrée en décembre, février, mars, avril et juin avec F = 78,30%, *Centropages* sp et *Corycaeus* sp ont des fréquences proches avec respectivement F = 69,47%; et F= 61,66% (Figs. 33 et 34) et (voir detail en annexes 26 et 27).



**Figure 33.** Diversités globales des Copépodes ingérés par *S. pilchardus* des côtes de LEA.



**Figure 34.** Diversités mensuelles des Copépodes ingérés par *S. pilchardus* des côtes de LEA.

### **3.4.3. Etude histologique du tube digestif.**

#### **3.4.3.1. Histologie de l'œsophage.**

La paroi de l'œsophage présente 2 couches une muqueuse et une musculuse, la couche muqueuse contient 3 zones:

1. Une zone antérieure riche en mucopolysaccharides.
2. Une zone moyenne riche en cellules mucosécrétrices.
3. L'œsophage riche en cellules de surface et les cellules glandulaires exocrines.

La couche musculuse est organisée en groupe de faisceaux elle est nettement plus épaisse que la couche circulaire externe et bien développée son épithélium est unistratifié prismatique (Fig. 35 a).

#### **3.4.3.2. Histologie des cæca pyloriques.**

La région pylorique est pourvue de grandes villosités peu nombreuses et ramifiées avec un aspect arboré caractéristique La musculuse est bien développée dans cette région, elle est composée d'une couche musculaire circulaire interne plus épaisse que la couche longitudinale externe. La muqueuse est développée et forme des villosités sinueuses et ramifiées réduisant considérablement la lumière cæcale (Fig. 35 b).

#### **3.4.3.3. Histologie de l'estomac.**

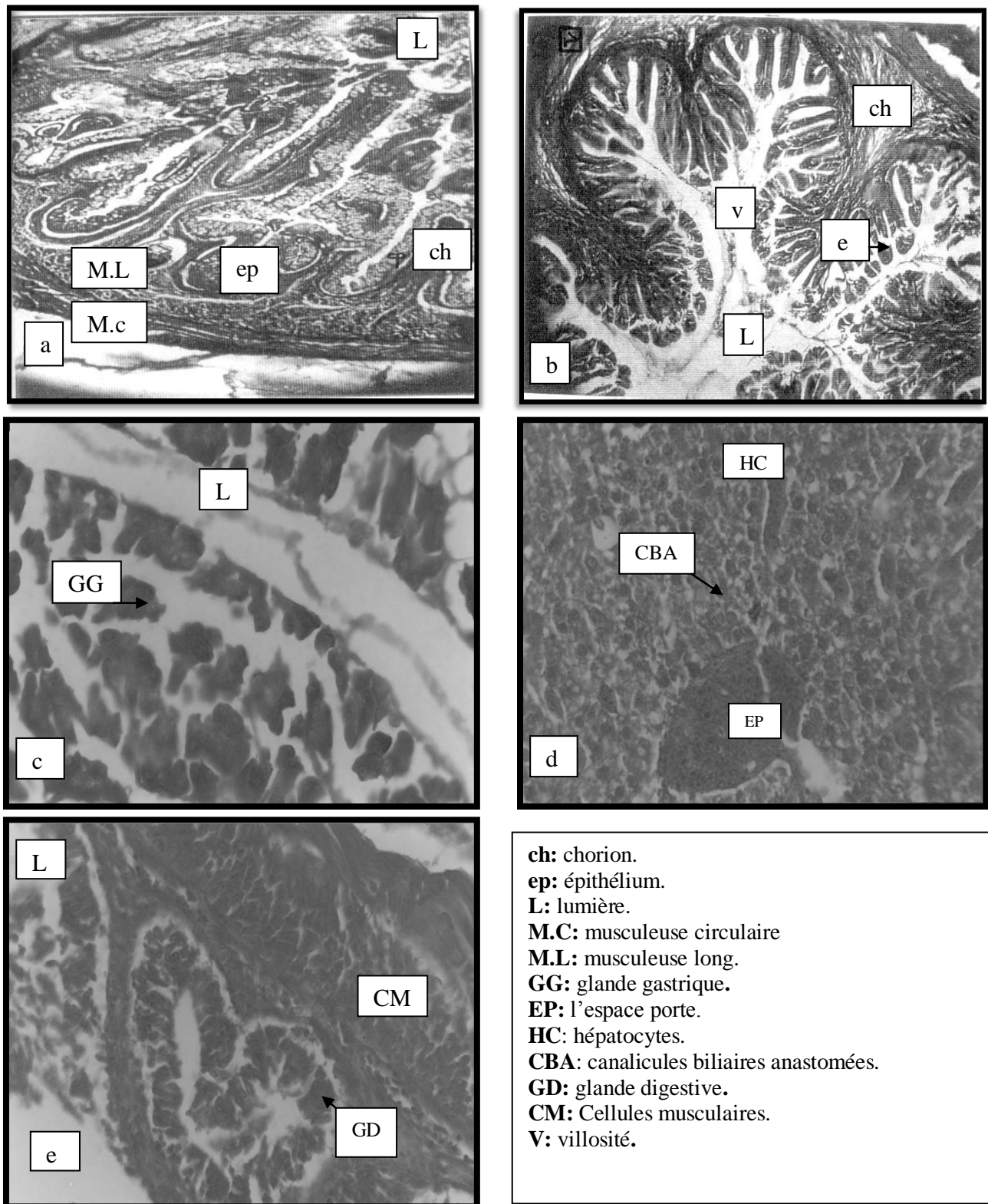
La muqueuse gastrique est importante, elle est formée par plusieurs villosités courtes et régulières entraînant une lumière très large. Son épithélium se distingue de celui de l'œsophage par son aspect unistratifié prismatique ne présentant aucune cellule muqueuse ou calciforme. La musculuse est aussi marquée que le chorion, et contrairement à celle de l'œsophage, la circulaire est interne et la longitudinale externe (Fig. 35 c).

#### **3.4.3.4. Histologie du foie.**

L'histologie du foie des poissons diffère sensiblement de celle des mammifères. Les hépatocytes ont beaucoup moins tendance à se disposer en cordons ou en lobules. Les sinusoïdes, irrégulièrement distribués entre les polygones d'hépatocytes, sont plus rares et bordés de cellules endothéliales à noyau très proéminent, leur tunique ne comporte pas de cellules de Kuppfer. L'hépatocyte est polygonal, centré d'un noyau bien distinct (Fig. 35 d).

#### **3.4.3.5. Histologie des intestins.**

L'intestin débute après le sphincter gastro-intestinal, il ne présente aucune différenciation externe. Le relief de la surface interne est assuré, par des plis anastomosés. Au milieu de l'intestin, on observe un sphincter rudimentaire, intérieurement marqué par un repli de la muqueuse (Fig. 35 e).



**Figure 35.** Photomicroscopique montrant la structure du tractus digestif de *S. pilchardus*. **a.** Coupe transversale de l'œsophage (G×80), **b.** Coupe transversale de caeca pylorique (G×80), **c.** Coupe transversale de l'estomac antérieur (G×90), **d.** Coupe transversale du foie (G× 60), **e.** Coupe transversale de l'intestin (G× 60).

#### 4. Discussion

La morphologie joue un rôle important dans l'identification des stocks; l'utilisation des caractères métriques et numériques constituent un ensemble de critères permettant la reconnaissance et la classification des espèces de poissons. L'examen des caractères morphologiques nous a permis de préciser leur valeur pour une approche biologique et systématique de l'espèce et de situer les sardines du LEA par rapport à celles pêchées dans d'autres régions.

Pour cela nous avons abordé l'analyse des vertèbres, des rayons des nageoires anales et dorsales, la morphométrie, la détermination de l'âge, la croissance, la reproduction et le régime alimentaire.

**Concernant les vertèbres** chez *S. pilchardus*, nos résultats montrent que leur nombre moyen est de  $50,95 \pm 0,75$ . Cette valeur a été signalée par de nombreux auteurs, comme:

- Mustac en 2010, dans les eaux de la mer Zadar en mer Adriatique avec une valeur de  $50,02 \pm 0,97$ .
- Bravo de Loaguna et al., en 1975 dans les côtes Ouest Africaines où il trouve  $50,65 \pm 0,03$  vertèbres.
- Krzeptowski en 1975 dans les côtes Espagnoles avec  $50,67 \pm 0,06$ .
- Bélveze et Rami en 1978 dans les eaux des côtes Marocaines où ils signalent une valeur de  $50,86 \pm 0,05$ .
- Bouchereau dans les eaux de la côte Oranaise en 1981 ou encore Kartas en Tunisie la même année trouvent le même nombre de vertèbres 51,57 (Tab. 15).

**Concernant le nombre de rayons dans les nageoires dorsales et anales**, nous avons constaté que peu de travaux ont été consacrés à cette problématique, nous mentionnons celle de Mustac en 2010 en la mer Zadar en Croatie, où les auteurs trouvent pratiquement des valeurs similaires aux nôtres.

**Pour ce qui est du 1<sup>er</sup> arc branchial gauche**, le nombre moyen de branchiospines que nous avons trouvé est différent de celui rapporté par Andreu, 1953 en Atlantique qui est de 71, 3 ou encore par Lee en 1961 dans les eaux du golfe du Lion qui situe un intervalle allant de 18 à 67 branchiospines. Ce chiffre atteint 89 selon Furnestin en (1950) dans les eaux des côtes Marocaines. Ces différences sont probablement liées au choix de la méthode de comptage qui diffère d'un auteur à l'autre. Nous pouvons associer ce constat à l'origine des disparités observées dans les analyses des caractères numériques, comme c'est le cas du nombre d'écailles de la ligne latérale ou des rayons des nageoires car les limites de comptage ne sont pas systématiquement précisées dans la littérature.

Le tableau 15 permet de comparer les résultats des 3 caractères numériques chez la population de *S. pilchardus* du LEA: le nombre de vertèbres, de rayons et de branchiospines avec ceux rencontrés dans d'autres régions.

**Tableau 15.** Comparaison des valeurs des caractères numériques chez *S. pilchardus* dans le monde. LEA: Littoral Est Algérien.

Caractères	Localité	Valeur	Auteurs
Vertèbres	Algérie (Oran)	51,57	Bouchereau (1981)
	Tunisie	51,57	Kartas (1981)
	Zadar (Croatie)	50,02 ± 0,97	Mustac (2010)
	Espagne	50,67 ± 0,06	Krzepkowski (1975)
	Ouest African	50,65 ± 0,03	Bravo de laguna et al., (1975)
	Maroc	50,86 ± 0,05	Bélveze et Rami (1978)
	<b>LEA</b>	<b>50,95 ± 0,75</b>	<b>Bouhali et al., (2013)</b>
Nombre de rayons	Zadar (Croatie)	18,11 ± 0,51	Mustac (2010)
	<b>LEA</b>	<b>17,53 ± 0,88 (rayons anal)</b> <b>17,57 ± 0,93 (rayons dorsale)</b>	<b>Bouhali et al., (2013)</b>
Branchiospines	Maroc	65 à 89	Furnestin (1950)
	Vigo(Atlantique)	71,3	Andreu (1953)
	Golfe de lion	18 à 67	Lee (1961)
	<b>LEA</b>	<b>Branchiospines &lt; 55,71 ± 7,27</b> <b>Branchiospines &gt; 30,21 ± 4,42</b>	<b>Bouhali et al., (2013)</b>

**En ce qui concerne la morphologie**, nous pouvons dire qu'à elle seule elle ne peut conduire à une certitude absolue des résultats dans tous les cas puisque pour chaque espèce la probabilité de rencontrer des individus dont les caractères s'écartent des valeurs limites ne sont pas considérée comme nulle.

Chez la population de *S. pilchardus*, les 14 caractères morphométriques: Ls, Lf, Lc, Lpd, le LPo, Do, Lpp, Ec, Hc, Hpc, Lpa, Lpo, Lpp, Lmax examinés présentent des coefficients de corrélation très proches de 1, ce qui explique leurs fortes relations avec la longueur totale ou celle de la tête. Les 10 premiers caractères suscités présentent une croissance isométrique, les 3 autres une allométrie majorante. Seule la longueur du maxillaire présente une allométrie minorante avec une croissance ralentie par rapport à la longueur de la tête.

Ce fait est observé chez une autre espèce pélagique proche de la sardine il s'agit de la sardinelle *Sardinella aurita*. En effet, en 2004 Hamida montre que 8/10 des caractères mesurés présentent une isométrie de croissance, le même constat est également établi en 2002 par Choulika chez le saurel *Trachrus trachurus* où l'auteur trouve chez 9 sur les 10 caractères quantifiés une isométrie de croissance. Ainsi, aussi bien chez *S. pilchardus*, *Sardinella aurita* et *Trachrus trachurus*, la plupart des caractères métriques croît au même rythme que la

longueur totale et la longueur de la tête. Chez ces 3 espèces seules les longueurs du maxillaire et post-pectorale permettent de distinguer un dimorphisme sexuel plus ou moins marqué.

L'analyse des histogrammes de fréquence de tailles montre que la longueur maximale ( $L_t$ ) moyenne chez *S. pilchardus* du LEA est de 19 cm. La taille maximale échantillonnée est < à celles rapportées par Voulgaridou et Stergiou (2003) où  $L_t = 21$  cm, dans le Nord Ouest de la mer Egée (Grèce).  $L_t = 24,7$  cm chez les sardines du Nord Atlantique (Espagne) (Silva, 2003), elle est de 23,7 cm dans les eaux des côtes Portugaises, une taille similaire a été notée par Sinovcic et *al.*, (2004) où  $L_t = 19$  cm. En revanche, la  $L_t$  est > à celle signalée par Bouchereau et Chazi en 1988, sur les côtes Ouest Méditerranéennes (Maroc). Ces différences de tailles peuvent être liées aux conditions hydrologiques, à la composition, l'abondance du plancton et au caractère migrateur des espèces considérées comme le signale Fréon (1988). Des facteurs comme les fluctuations saisonnières de disponibilité et la durée de la reproduction, le mode d'agrégation des sardines et la pression exercée par l'activité de pêche, peuvent intervenir dans les changements de la structure démographique.

**Pour ce qui est de l'estimation de l'âge** déterminé par la méthode de l'analyse des fréquences des tailles, *S. pilchardus* se caractérise par une faible longévité spécifique aux petits pélagiques en général et aux Clupéidés en particulier. Dans les eaux du LEA, aussi bien chez les mâles que les femelles, l'âge maximum est de 3 ans. Les paramètres de Von Bertalanffy déterminés chez *S. pilchardus* sont:  $L_\infty = 20,21$ ,  $K = 0,51$ ,  $t_0 = -2,77$ ,  $\phi = 2,31$  et les femelles présentent une longueur asymptotique plus élevée que celle des mâles avec  $L_\infty\text{♀} = 19,16$  et  $L_\infty\text{♂} = 18,64$ . La comparaison des paramètres de Von Bertalanffy ( $L_\infty$ ,  $k$ ,  $t_0$ ) chez *S. pilchardus* du LEA par rapport à ceux obtenus dans différentes régions est représentée dans le tableau 16. Des résultats similaires ont été observés chez d'autres populations de sardines dans divers zones géographiques, dans la baie d'Izmir; par exemple Mater et Bayhan (1999) ont déterminés l'âge de la sardine entre 1 et 3 ans, sur les côtes Algéroises en 1998 Brahimi et *al.*, ont trouvés que la longévité était de 5 ans, selon Morales-Nin et Pertierra (1990) dans le Nord-Ouest méditerranéen et Sinovcic (1991) en Adriatique; la sardine peut vivre jusqu'à 8 ans, alors qu'en Atlantique Marocain Amenzoui en 2010 limite sa vie à 6 ans.

**Tableau 16.** Représentation récapitulative et comparaison des principaux âges chez la sardine dans différentes régions du monde. LEA: Littoral Est Algérien.

Région	L <sub>max</sub>	L <sub>∞</sub>	t <sub>0</sub>	K	âge	Auteurs
Algérie (Ouest)	-	22,4	-	0,29	-	Bouchereau et Ghazi (1988)
Algérie (centre)	18,64	18,9	-	0,46	5	Brahimi et <i>al.</i> , (1998)
<b>LEA</b>	<b>19</b>	<b>20,21</b>	<b>-2,77</b>	<b>0,51</b>	<b>3</b>	<b>Présente étude</b>
Tunisie	-	19,17	-		-	Kartas (1981)
Adriatique	20,3	20,5	-0,5	0,46	1-8	Sinovic (1991)
La baie d'Izmir	-	17,38	-5,01	0,18	1-3	Mater et Bayhan (1999)
Maroc (Laâyoune)	11-26,5	29,25	-2,79	0,24	0-6	Amenzoui (2010)
Nord – Ouest méditerranéen	20	19,9	2,73	0,35	0-8	Morales-Nin et Pertierra (1990)

Les différences observées seraient dues à l'hétérogénéité des méthodes utilisées comme la lecture directe sur les otolithes ou les écailles, le rétro-calcul, l'analyse de fréquence de taille, les cohortes individuelles ou cohortes synthétiques ou encore les lectures d'âge qui ne sont pas uniformes. Ainsi la comparaison des résultats devient difficile. Si nous associons les modifications de l'environnement, qui se traduisent souvent par des degrés de salinité, de température et de nourriture différents les comparaisons sont complexes car on rencontre souvent des adaptations différentes des sardines à leur environnement. Ce phénomène a été confirmé par de nombreux auteurs nous citerons Fréon et Stequert (1979) ou encore Silva et *al.*, (2006). Certains travaux (Atarhouch et *al.*, 2006; Chlaïda et *al.*, 2008) expliquent ces différences comme étant une conséquence de la relation génotype – phénotype où les individus à forte croissance possèdent probablement une structure génotypique particulière.

**En ce qui concerne la croissance**, nous l'avons abordé sur 2 aspects: absolu, dit linéaire en calculant l'indice de performance de croissance et relatif c'est-à-dire la relation entre la taille et le poids.

**L'indice de performance de croissance linéaire**  $\varphi = 2,31$ , la première année de vie de la sardine correspondant à une phase de forte croissance. Il est connu que le taux de croissance somatique est plus élevé avant le début de la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle (Roff, 1983), en retardant la maturité sexuelle et en investissant de l'énergie dans la croissance, les jeunes poissons se donnent l'avantage de disposer d'une plus grande taille. Ainsi, ils peuvent baisser la possibilité d'être des proies potentielles et avoir une fécondité élevée, par conséquent, les

jeunes individus se reproduisent plus tard que les plus âgés qui investissent de l'énergie dans la reproduction, alors que les jeunes continuent à investir de l'énergie dans la croissance.

**La croissance relative** ou relation taille-poids chez *S. pilchardus* dans LEA est de type allométrie majorante chez la population totale avec  $b = 3,1$ , chez les femelles  $b = 3,23$  tandis que chez les mâles cette relation est minorante avec  $b = 1,09$ .

Les relations entre la taille et le poids chez la sardine du LEA montrent que la valeur du coefficient d'allométrie ( $b$ ) varie mensuellement. Pour 6 mois /12, janvier, février, mars, avril, mai et juin elle est = à 3 justifiant l'existence d'une isométrie de croissance. Il en est de même pour les 5 autres mois, juillet, août, septembre, octobre, décembre où sa valeur est significativement  $> 3$ , d'où une allométrie majorante pour laquelle le poids croît proportionnellement et plus vite que la taille. Une valeur de  $b < 3$  en novembre indique que le poids augmente moins vite que la taille d'où une allométrie minorante.

Les paramètres  $a$  et  $b$  de la relation taille-poids ( $\text{Poids éviscéré} = a \cdot L^b$ ) sont très sensibles aux effectifs de poissons échantillonnés mensuellement et à la composition en taille de chacun comme le signale Fréon en 1988. Ces 2 paramètres ont une action antagoniste dans la détermination du poids moyen pour une taille donnée, c'est-à-dire que l'augmentation de l'un est en partie compensée par la diminution de l'autre et ce constat est également soulevé par Belvèze en 1984. Il existe des différences pondérales entre les sardines mâles et femelles des différentes régions géographiques et la sardine du LEA (Tab. 17).

Amenzoui par exemple a signalé en 2010 une isométrie de croissance chez les mâles de la sardine Marocaine et majorante chez les femelles, le même résultat a été observé par Kartas (1981) en Tunisie et Mendes et *al.*, (2004) au Portugal. Une allométrie majorante a été retrouvée sur les côtes du centre Algérien par Brahmi et *al.*, (1998) et à l'Ouest par Bouchereau (1981). La croissance relative dans la baie d'Izmir selon Mater and Bayhan (1999) est majorante comme dans l'Est Méditerranéen et dans la Mer Adriatique selon Voulgaridou et Stergiou (2003) ou encore Sinovčić et *al.* (2004). Ces différences sont probablement liées au processus de maturation, de libération des produits sexuels et des conditions trophiques comme l'ont constaté Furnestin en 1957 et Somoue en 2004 ou encore hydrologiques du milieu (Makkaoui, 2008).

**Tableau17.** Comparaison des résultats de la relation taille-poids de *S. pilchardus* dans les différentes régions: (a: intercepte; b: coefficient d'allométrie). LOA: Littoral Ouest Algérien, LCA: Littoral Centre Algérien, LEA: Littoral Est Algérien.

Zone d'étude	sexe	a	b	Type d'allométrie	Auteurs
<b>LOA</b>	♀	1.61 10 <sup>-6</sup>	3.371	Majorante	Bouchereau (1981)
	♂	0.96 10 <sup>-6</sup>	3.480		
<b>LCA</b>	♀	3.85 10 <sup>-3</sup>	3.201	Majorante	Brahmi et al., (1998)
	♂	4.88 10 <sup>-3</sup>	3.104		
<b>LEA</b>	♀	<b>0.006</b>	<b>3.23</b>	<b>Majorante</b>	<b>Présente étude (2015)</b>
	♂	<b>0.007</b>	<b>1.09</b>	<b>Minorante</b>	
<b>Tunisie</b>	♀	3.2589 10 <sup>-6</sup>	3.152	Majorante	Kartas (1981)
	♂	4.88 10 <sup>-6</sup>	3.055	Isométrie	
<b>Maroc (Atlantique)</b>	♀	0.009	3.08	Majorante	Amenzoui (2010)
	♂	0.006	2.99	Isométrie	
<b>La mer Adriatique</b>	♀	0.0038	3.23	Majorante	Sinovčić et al., (2004)
	♂	0.0034	3.27		
<b>Portugal (Ouest)</b>	♂+♀	0.0092	2.980	Isométrie	Mendes et al., (2004)
<b>Baie d'Izmir (Turquie)</b>	♂+♀	0.0045	3.3591	Majorante	Mater and Bayhan (1999)
<b>Est Méditerranéen</b>	♂+♀	0.0050	3.153	Majorante	Voulgaridou and Stergiou (2003)

**Pour ce qui est de la reproduction, nous avons examiné la répartition de la sex-ratio, la taille de 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle (L<sub>50</sub>), le suivi des rapports gonado et hépatosomatiques, l'adiposité, le coefficient de condition k et les fécondités absolue et relative.**

Il est toujours nécessaire de connaître la sex-ratio pendant les études de dynamique des populations, C'est en effet du nombre de femelles dans la population que dépend celui des prochaines recrues. L'analyse de la sex-ratio change selon que nous prenons en compte l'ensemble de la population ou bien les classes de taille séparément. De plus, la sex-ratio évolue en fonction du temps et des saisons. Nos résultats indiquent que la sex-ratio globale déterminée lors du cycle annuel est de 1,26: avec un degré de liberté = 1 ( $\chi^2 = 25,77$  avec  $P \leq 0,001$ ). En dehors de l'hiver où la sex-ratio est constante elle reste en faveur des femelles pendant toute l'année. Ce constat a été mentionné dans la baie d'Oran (Bouchereau, 1981), en Atlantique Marocain (Belvèze, 1984; Amenzoui et al., 2006), dans les eaux des côtes Nord

Espagnoles (Garcia et *al.*, 1991) et en mer d'Alboran (Abad et Giraldez, 1993). En revanche, c'est les mâles qui prédominent dans les côtes Sénégalaises (Fréon et Stéquert, 1988) et en mer Egée (Cynahgyr, 1996). Toutefois, une sex-ratio équilibrée a été mentionnée chez certaines populations de sardines comme celles des côtes Marocaines (Belvèze et Rami, 1978; Barcova, 2001), Tunisiennes (Kartas, 1981; Khemiri, 2006), Galiciennes (Perez et *al.*, 1985) et dans les îles Canaries (Mendez-Villalmil Mata et *al.*, 1997).

**La répartition de la sex-ratio** en fonction de la taille indique un taux de féminité élevé aux grandes tailles. Cette dépendance a également été mentionnée par Lee (1962), par Bouchereau (1981), par Kartas (1981), par Belvèze (1984), par Perez et *al.* (1985), par Abad et Giraldez (1993), Amenzoui et *al.*, (2006) et par Khemiri (2006). Cette caractéristique biologique semble être une règle générale chez les Clupéiformes car elle a été observée chez d'autres espèces comme la sardinelle plate, *Sardinella maderensis* (Boely, 1979), la sardinelle du Venezuela (Fréon et *al.*, 1997), la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (Gaamour, 1999), l'anchois du Pérou, *Engraulis mordax* (Parrish et *al.*, 1986), l'anchois de la baie de Cadiz, *Engraulis encrasicolus* (Millan, 1999) et l'anchois des côtes Tunisiennes, *Engraulis encrasicolus* (Kartas, 1981; Khemiri, 2006).

La forte féminité des classes de grandes tailles peut être le résultat de l'influence de plusieurs facteurs dont les plus plausibles seraient une plus grande longévité et une croissance plus rapide des femelles, une vulnérabilité plus importante vis-à-vis des engins de pêche ou encore des mouvements migratoires différents de ceux des mâles.

La littérature fournit de nombreuses données sur la relation entre la densité de la population et la sex-ratio. En effet, Nikolsky (1969) in Kartas et Quignard (1984) explique que la proportion des sexes est un phénomène très important dans la reproduction de la population et qu'il existe des mécanismes d'ajustement de cette structure à chaque changement et principalement aux variations de la disponibilité alimentaire. Celle-ci dépend elle-même de la densité de la population de sorte que la sex-ratio reflète naturellement la densité de la population. La qualité et la quantité de la nourriture sont parmi les causes essentielles des fluctuations de la proportion des sexes. Chez beaucoup d'espèces, une nourriture abondante (une population à faible densité) favorise la prédominance des femelles. En revanche, une nourriture pauvre (une population à forte densité) accroît le taux de masculinité. Ainsi, D'Ancona (1969) in Kartas et Quignard (1984) montre expérimentalement que l'accroissement des proportions des mâles de l'anguille est lié à une forte densité des larves. Le phénomène inverse a cependant été relevé chez d'autres espèces dont la réponse à une nourriture peu abondante se traduit par une augmentation du taux de féminité.

**En ce qui concerne la taille de 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle ( $L_{50}$ )**, la majorité des auteurs propose une échelle de maturité pour la sardine structurée en 6 stades, nous citerons Clark (1934) pour la sardine Californienne *Sardinops coerulea*, Furnestin (1945), Pinto et Andreu (1957) et Parnell (1974) pour la sardine Atlantique et Méditerranéenne *S. pilchardus*. Nous avons utilisé l'échelle de maturité basée sur l'observation de l'état externe des gonades: taille, couleur, consistance, volume, forme, vascularisation et visibilité des ovocytes proposée par Pinto et Andreu (1957) pour les ♀ et Pinto (1957) pour les ♂. Cette échelle répartie en 5 stades de maturité sexuelle des gonades conformément aux résultats obtenus par Mouhoub en 1986 lors de ses travaux sur la biologie de la sardine pêchée dans le littoral centre Algérien, où il montre que 5 stades de maturité au lieu de 7 (Bouchereau, 1981) sont suffisants pour établir la  $L_{50}$ . Cette échelle a été simplifiée en regroupant certains stades de développements. Nous avons défini les principales phases évolutives du cycle sexuel de la sardine en nous basant sur des critères morphologiques et histologiques qui consistent à décrire macroscopiquement et microscopiquement les gonades ♂ et ♀. Selon (Sinovčić et al., 2008), la taille ( $L_{50}$ ) influence sur la capacité de reproduction, la durée de ponte et la taille du reproducteur. Sur nos côtes la taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) de *S. pilchardus* est de 11,28 cm pour les femelles est de 11,5 cm pour les mâles, plusieurs travaux réalisés sur la taille a la 1<sup>ère</sup> maturité de la sardine montrent les différences de maturation d'une région à une autre (Tab. 14). Khemiri en 2006 a trouvé des valeurs presque similaires sur les côtes Tunisiennes avec une  $L_{50} = 11,3$  cm pour les 2 sexes, ce qui n'est pas le cas sur la baie d'Oran ou Bouchereau (1981) a rapporté des valeurs de 12,2 cm pour les 2 sexes dans les eaux du golfe du Lion  $L_{50}$  atteint 14 cm chez les ♀ et 13,8 cm chez les ♂. Lee (1961), Silva et al., (2004) ont trouvé une  $L_{50} = 17,2$  cm dans le Golfe de Gascogne, les mêmes auteurs en 2006 ont rapportés une  $L_{50} = 16,8$  cm dans le Nord de la France et une  $L_{50} = 14,6$  cm dans le Nord du Portugal, tandis que Mendez -Villamil Mata et al., en 1997 ont mentionné des  $L_{50} = 15,2$  cm chez les ♀ et 15 cm chez les ♂ dans les Iles Canaries enfin, dans la Région de Laâyoune Amenzoui et al., (2006) ont mesuré une  $L_{50} = 15,8$  cm pour les 2 sexes (Tab. 18).

**La longueur de maturité sexuelle** peut être directement affectée par les changements de la quantité de réserves d'énergie disponibles pour le développement des gonades (Morgan, 2004) ou indirectement par l'intermédiaire des changements de la croissance qui influencent le déclenchement de la maturation (Engelhard et Heino, 2004). Plusieurs facteurs ayant un impact sur la taille de 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle tels que le déclin de la structure en âge, le taux de mortalité élevé ou les changements dans l'environnement ont été proposés par van der Linger et al., (2006). L'acquisition de la maturité sexuelle peut être aussi sous la dépendance de la

ressource trophique, de la température (Nikolski, 1963; Blaxter, 1969; Fox et Crivelli, 2001), de la densité (Parrish et Mallicoate, 1995) ou encore de la génétique (Silva et *al.*, 2006) (*in* Amenzoui, 2010).

**Tableau 18.** Taille de la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) de *S. pilchardus* dans différentes régions de la Mer Méditerranée et d'Océan Atlantique. LEA: Littoral Est Algérien.

	♂ ( $L_{50}$ ) cm	♀ ( $L_{50}$ ) cm	Auteurs	Région
<b>Mer Méditerranée</b>	12.2	12.2	Bouchereau (1981)	Baie d'Oran
	11.3	11.3	Khemiri (2006)	Golfe de Tunis
	13.8	14	Lee (1961)	Golfe du Lion
	12.8	12.5	Abad et Giraldez (1993)	Mer d'Alboran
	<b>11.28</b>	<b>11.5</b>	<b>Bouhali et al., (2015)</b>	<b>LEA</b>
<b>Océan Atlantique</b>	15	15.2	Mendez -Villamil Mata et <i>al.</i> , (1997).	Iles Canaries
	17.2	17.2	silva et <i>al.</i> , (2004)	Golfe de Gascogne
	15.8	15.8	Amenzoui et <i>al.</i> , (2006)	Région de Laâyoune
	16.8	16.8	Silva et <i>al.</i> , (2006)	Nord de la France
	14.6	14.6	Silva et <i>al.</i> , (2006)	Nord du Portugal

**Le suivi pondéral des gonades par le calcul du rapport gonado-somatique (RGS),** combiné à l'observation de leur morphologi et leur histologi, montre une période de reproduction étalée d'octobre à mars avec une ponte en janvier chez *S. pilchardus* du LEA. L'évolution morphologique des gonades est un indicateur imprécis de l'état de reproduction et ne permet pas de déterminer le degré de maturité des ovaires. De ce fait, une analyse microscopique est indispensable pour déterminer la maturation des gamètes. C'est observation microscopiques des gonades qui nous ont permis de situer avec précision la maturation des produits génitaux qui se situe entre octobre et mars. Les ovocytes immatures constituent un stock cellulaire pour le cycle sexuel suivant. Dans les ovaires, plusieurs groupes de stades ovocytaires distincts sont mis en évidence lors de la vitellogenèse pour aboutir à des ovocytes mûrs prêts à être émis, ce qui permet de supposer que la ponte de cette espèce est fractionnée durant une même saison. Les ovules non évacués subissent une atresie et finissent par dégénérer. L'étude histologique confirme la période de reproduction qui a été déterminé par le RGS chez *S. pilchardus*; ces résultats sont comparables à ceux rapportés par Pinto et Andreu (1957) et modifiés par Mouhoub (1986). Le long des côtes Algériennes, *S. Plichardus* se reproduit généralement dans la même période: Côtes Algéroises (Djabali et *al.*,

1989) et Orannaises (Tomasini et *al.*, 1989) , de décembre à mars et Baie d'Annaba entre novembre et mars (Bedairia et Dejbar, 2009). Sur les côtes Atlantiques, la période de reproduction est plus longue qu'en Méditerranée on a:

- Nord du Golfe de Gascogne de janvier à juillet (L'Herrou, 1971), Côte nord occidentale de l'Espagne de janvier à juin (Pérez et *al.*, 1985), Nord du Portugal d'octobre à juin (Ré et *al.*, 1990), Baie de Douarnenez en France de février à août (Le Duff, 1997) et au Maroc de novembre à juillet (Amenzoui et *al.*, 2006). Les travaux réalisés dans l'océan Atlantique et en Méditerranée sur les périodes de reproduction de la sardine *S. pilchardus* indiquent des pontes précoces ou tardives. Comme ils précisent l'existence d'une saison de ponte qui peut être découverte sur une courte ou une longue période de l'année selon les zones. Ces différences latitudinales de caractères saisonniers de la reproduction ont été mises en relation avec les différents régimes de températures (Millan, 1999; Alvarez et *al.*, 2001). D'autres facteurs comme la présence de plusieurs populations de sardines dans son aire de répartition auraient un impact sur la reproduction de la sardine.

**Le suivi mensuel du rapport hépato-somatique (RHS)** montre une évolution presque similaire à celle du RGS avec des valeurs maximales atteintes au même moment, ce qui montre que le foie n'intervient pas dans le transfert des réserves lipidiques nécessaires à la vitellogenèse. Cela confirme le classement de *S. pilchardus* parmi les poissons gras caractérisés par une accumulation lipidique dans les muscles et par un dépôt de graisses mésentérique et sous-cutané, contrairement aux poissons maigres où les lipides s'accumulent dans le foie avant de passer dans les gonades (Lahaye, 1980). Chez la sardine, le stockage des lipides a lieu dans les muscles, à l'intérieur ou entre les fibres musculaires (Bertin, 1958). Les valeurs maximales de l'adiposité sont enregistrées en septembre, au début de la maturation des produits génitaux, tandis qu'elles diminuent en décembre et en janvier lorsque le poids des gonades est maximal confirmant ainsi que *S. pilchardus* utilise les réserves lipidiques musculaires et du mésentère pour développer des gamètes.

**Les valeurs minimales de l'adiposité** ont été retrouvées lors de la période froide dans les eaux des côtes Est Algériennes avec un minimum de 13°C en hiver (Derbal et Kara, 2010). Cependant, il apparaît clairement que la graisse est très abondante du printemps à l'automne, période qui précède le début de la reproduction impliquant une accumulation des réserves chez la sardine avant la période de reproduction.

**Le coefficient de condition k** facteur compensatoire, reflète l'accumulation saisonnière et l'épuisement d'énergie donc il peut fournir un indice fiable de la production

annuelle totale (Winters et Wheeler, 1994). Dans notre étude l'évolution mensuelle du ce coefficient nous a permis de supposer l'existence d'une stratégie dans l'utilisation des apports énergétiques. Dans les côtes du Nord-Est Algérie, la sardine n'arrête pas de s'alimenter en période de ponte. En mer méditerranéenne (Tomasini et *al.*, 1989; Abad et *al.*, 1993) et en océan Atlantique (Pérez et *al.*, 1985), les variations du coefficient de condition  $K$  et du RGS varient en sens inverse. Il est probable que l'augmentation de la condition est liée à l'accumulation de réserves associée à la productivité élevée liée à la saison d'upwelling. Par conséquent, l'énergie disponible durant la période de haute productivité n'est pas immédiatement utilisée mais stockée sous forme de graisse et transférée, plusieurs mois plus tard, au développement, à la maturation et à la production des gamètes.

**Des relations linéaires entre la fécondité absolue** et la longueur totale, le poids total, le poids somatique ou le poids des ovaires ont été observées avec une forte corrélation. Dans les eaux du LEA, la fécondité absolue des femelles a été estimée entre 2572 et 17195 œufs avec une moyenne de  $7\,382 \pm 4122$  œufs.

**La fécondité relative moyenne** des femelles est de  $325,37 \pm 142,48$  œufs / g de gonade. La fécondité est fortement liée à la taille de 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle qui change d'une population à l'autre en fonction des conditions du milieu. Ces conditions sont essentiellement:

- la quantité de nourriture disponible,
- le degré de pression des prédateurs,
- l'intensité de la pêche.

-Elles peuvent être attribuées aux facteurs génétiques étant donné l'isolement reproductif sachant qu'il n'existe que très peu de renseignements concernant le contrôle génétique de la fécondité (Kartas et Quignard, 1984). Il est difficile d'établir une comparaison entre la fécondité de la sardine de Méditerranée et celle de l'Atlantique du fait que les tailles de 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle sont différentes et chaque auteur utilise un diamètre d'ovocyte différent pour commencer son comptage ce qui empêche de définir clairement leur limite inférieure. La fécondité est très élevée dans la région d'Alger où elle varie entre 10000 et 75000 œufs (Djabali et *al.*, 1989) et un maximum de 20000 œufs pondus par la sardine d'Oran, (Bouchereau, 1981). En Tunisie l'estimation de la fécondité est dans le même intervalle que dans LEA, où Kartas (1981) a trouvé 5000 à 38500 œufs. Par contre Chavance (1980) a considéré que la sardine du golfe du Lion pont jusqu'à 27438 œufs les eaux Portugaises elle dépasse 30227 œufs (Perez et *al.*, 1992) enfin, la sardine Marocaine libère jusqu'à 23150 œufs selon Amenzoui et *al.*, (2006) (Tab. 19). Tous ces résultats montrent que la sardine est un Clupéidé à fécondité élevée.

**Tableau 19.** Fécondité de la sardine *S. pilchardus* dans quelques zones géographiques. LEA: Littoral Est Algérien.

Régions	Fécondité (œufs)	Fécondité relative œufs/g	Auteurs
Région d'Alger	10000 à 75000	744 à 1537	Djabali et al.,(1989)
Baie d'Oran	5000 à 20000	-	Bouchereau (1981)
Tunisie	5000 à 38500	-	Kartas (1981)
Golfe de Lion	27438	-	Chavance (1980)
Portugal	30227	427	Perez et al., (1992)
Zone de Laâyoune	23150	346	Amenzoui et al., (2006)
<b>LEA</b>	<b>7 382</b>	<b>325,37</b>	<b>Bouhali et al., (2015)</b>

Dans l'étude du régime alimentaire, l'objectif était de mettre en évidence un lien éventuel entre l'alimentation et les structures morfo-histologiques du tube digestif. Mais ce but ne pourra être atteint qu'en établissant des comparaisons des structures tissulaires avec celles d'autres poissons Téléostéens à régime alimentaire différent. Concernant l'aspect morphologique et histologique du tractus digestif, les résultats obtenus montrent, comme le mentionne Suyehiro (1942, in Maurin 1966), que *S. pilchardus* est un prédateur actif qui capture une grande quantité de nourriture. La simplicité des organes, particulièrement l'estomac avec une faible importance, une paroi interne simple et un intestin relativement mince et long, classe *S. pilchardus* parmi les poissons planctonophages. Selon Maurin (1966) in Harchoche 2006, la planctonophagie entraîne une simplification générale de l'appareil digestif cet auteur mentionne cependant que le problème reste complexe. Ainsi, pour certaines structures, comme les appendices pyloriques ou les circonvolutions intestinales, si leur rôle dans l'absorption est établi, il est cependant difficile de mettre en évidence, d'une manière complète, une relation étroite avec le régime alimentaire de l'espèce. En revanche, le lien entre les nombreuses branchiospines et le type d'alimentation semble établi chez *S. pilchardus*, cette dernière s'alimentant à travers une filtration du plancton.

A quelques différences près, les résultats histologiques montrent globalement une analogie avec ceux des Téléostéens et on peut citer la présence des structures suivantes:

- l'œsophage qui, chez *S. pilchardus* est structuré en épithélium pseudostratifié, entièrement muqueux comme le montre Vegas-Velez (1972) qui souligne la rareté de ce type de tissu au niveau de la muqueuse œsophagienne chez 22 espèces de poissons Téléostéens.
- le rectum est unistratifié palissadique avec des cellules muqueuses abondantes et des cryptes assimilées à des glandes pluricellulaires.

D'autre part, la comparaison de nos résultats à ceux observés chez d'autres poissons Téléostéens à régime alimentaire carnivore, montre des différences dont les plus importantes sont:

- la présence de nombreuses glandes gastriques alors que dans l'estomac de *Solea senegalensis*, ces glandes ne sont bien visibles qu'au 18<sup>ème</sup> jour après l'éclosion selon Fehri-Bedoui et *al.*, (2000).
- dans l'estomac, la muqueuse musculeuse est importante.
- le rectum est doté de villosités bien développées.

On relève par ailleurs, que le tube digestif de *S. pilchardus* est pourvu d'une paroi interne simple donc adaptée à une alimentation simple, car plus le régime alimentaire est riche et plus la structure histologique est complexe. L'œsophage, grâce à la contraction de sa musculature, pourrait jouer un rôle mécanique de brassage des aliments; il assure probablement la déglutition et l'adhérence des proies à sa paroi enduite de mucus. L'estomac, de par sa simplicité, interviendrait dans la continuité du brassage et du broyage de la nourriture. Les appendices pyloriques à villosités longues formées d'un épithélium prismatique à plateau strié ont un rôle d'absorption et éventuellement de digestion. Les intestins, surtout le moyen et le postérieur, pourvus d'entérocytes à plateau strié et de villosités très développées, auraient une fonction de transit, d'absorption et de digestion alimentaire.

**Pour l'activité alimentaire de l'espèce**, le coefficient de vacuité présente est faible en automne, en hiver et au printemps indiquant que *S. pilchardus* se nourrit intensément durant cette période. C'est lors de cette période que se déroule la ponte, donc le poisson ne s'arrête pas de s'alimenter en période de reproduction. Le contraire est constaté en été, les chiffres élevés de cet indice sont à mettre en relation avec la période de repos sexuel où le poisson s'alimente très peu. Sur les côtes Portugaise, Garrido et *al.*, (2008) ont montré que le printemps et l'hiver sont les saisons où les sardines ont une alimentation intense, *S. Pilchardus* se nourrissant exclusivement de zooplancton. Le groupe dominant a été celui des Copépodes, ces derniers occupent la première place; ce sont des proies de petites tailles constituant le plancton facile à ingérer. Sorbe (1972) signale que le plancton épibenthique est composé essentiellement de Copépodes. C'est une source de nourriture non négligeable pour les poissons planctonophages. Nos résultats sont comparables avec les données sur le zooplancton signalées par Ounissi et *al.*, (1998) qui montrent que la population de zooplancton du LEA est principalement composée de Copépodes, Tintinnides, Appendiculaires et Cladocères. Les Copépodes représentés par 73 espèces sont largement

dominés par les populations côtières comme: *Acartia discaudata mediterranea*, *A. clausi*, *Euterpina acutifrons*, *Oithana nana*, *Paracalanus parvus* et *Centropages kröyeri*. Certains auteurs ont montré que l'alimentation chez les adultes de sardine, est hautement dépendante de la densité de nourriture (Garrido et al., 2007), notamment dans la mer Méditerranée (Nikolioudakis et al., 2011; Costalago et al., 2012).

L'alimentation par filtration sur de plus petites proies zooplanctoniques où le phytoplancton seraient le principal mode d'alimentation pour les sardines (Van der Lingen 1994; Garrido et al., 2007). On a confirmé cette hypothèse par l'analyse du contenu stomacal de la sardine qui montre que les Copépodes forment les sources alimentaires les plus courantes tout au long de l'année en plus d'autres groupes plus ou moins importants comme les Dinoflagelles, Cnidaires Cladoceres, Ostracodes, Décapodes, Mollusques, Mysidaces, Amphipodes et Vertèbres (larves et œufs des poissons). Les espèces de Copépodes dominantes trouvées étaient *Paracalanus* sp, *Temora stylifera*, *Oncaea* sp, *Centropages* sp, *Corycaeus* sp, *Oncaea media*, *Clanus* sp, *Acartia* sp, *Faranula rostrata*, *Calocalanus* sp, *Oncaea mediterranea*, *Candacia* sp, *Sapphirina opalin*, alors que *Paracalanus* sp était l'espèce la plus répandue dans le contenu de l'estomac. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par de nombreux auteurs que nous citons dans le tableau 16 où on constate que les Copépodes dominant le régime alimentaire de la sardine et celui des petits pélagique le long du littoral Ouest Algérien. Bacha et al., en 2010 ont trouvé que l'anchois *Engraulis encrasicolus* se nourrit principalement de: Copépodes, Amphipodes, Décapodes, Mollusques, Mysidaces, Ostracodes et des larves poissons. Dans les eaux des côtes Mauritanienne la sardine s'alimente de detritus, d'algues, de Copépodes, Mysidaces, des larves de Décapodes et des œufs de *Sardinella spendes* (Tab. 20).

**Tableau 20:** Compositions du contenu stomacal de la sardine et d'autres Clupéidés dans différents localisations. LEA: Littoral Est Algérien.

Auteurs	Localisation	Espèce	Taxons déterminés
Bacha et <i>al.</i> , 2010.	Beni saf (Ouest Algérien)	Anchois ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	Copépodes, Amphipodes, décapodes, mollusques, mysidaces, ostracodes et larves de poissons.
Gushchin et <i>al.</i> , 2015.	Les côtes Mauritanienes	<i>S. pilchardus</i>	Phytoplancton detritus, Detritus et algues, Copépodes, Mysidaces, larves de Décapodes, œufs de <i>Sardinella sp.</i>
Nikolioudakis et <i>al.</i> , 2012.	La Mer Egée	<i>S. pilchardus</i>	Appendicularians, Bivalves, Ciliates (order Tintinnida), Cirripedes, Cladocerans, Copépodes, Decapodes, Gastropodes, Dinoflagellates, Diatomés.
Costalago et <i>al.</i> , 2014.	Golfe du Lion	<i>S. et Engraulis encrasicolus</i> (juvéniles)	Diatomés, Tintinnide (ind.), Cladocères, Copepodes, Decapodes, larves de Mollusques, larves de Polychaete.
Molina et Manrique, 1994.	La baie de Californie	<i>Sardinops saga caeruleus</i>	Calanoides, Copépodes, <i>Coscinodiscus sp.</i>
Covay et <i>al.</i> , 1994.	Les côtes Nord Espagnoles	<i>S. pilchardus</i> (larves)	Copépodes dans un stage développé (nauplii and copepodites), larves de Gastropodes.
Sever et <i>al.</i> , 2005.	Baie d'Izmir	<i>S. pilchardus</i>	Copépodes, Décapodes, les larves du Crustacés, Bivalves.
<b>Bouhali et <i>al.</i>, 2012.</b>	<b>LEA</b>	<b><i>S. pilchardus</i></b>	<b>Dinoflagelles, Cnidaires, Cladocères, Ostracodes, Décapodes, Mollusques, Mysidaces, Amphipodes et larves et œufs du poisson.</b>

Selon Gushchin et *al.*, (2015), les Appendicularians, Bivalves, Ciliates (order Tintinnida), Cirripèdes, Cladocères, Copépodes, Décapodes, Gastropodes, Dinoflagellates, Diatomés sont les proies de la sardine de la Mer Egée (Nikolioudakis et *al.*, 2012), le même type d'alimentation a été trouvé par Costalago et *al.*, 2014 dans le golfe du Lion.

En 1994 Molina et Manrique dans les eaux de la baie de Californie. Ou encore Covay et *al.*, (1994) dans les eaux des côtes Nord Espagnoles ont trouvé que les Copépodes, *Coscinodiscus sp.*, Calanoides et les Gastropodes constituent la base de l'alimentation de *S. pilchardus* et *Sardinops saga caeruleus*. Sever et *al.*, en 2005 ont également indiqué que la sardine de la baie d'Izmir se nourrit de Copépodes, Décapodes, de larves de Crustacés et des Bivalves.

## 5. Conclusion et perspectives.

Cette étude nous a permis de recueillir des données fondamentales sur la biologie et la dynamique de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est Algérien (LEA).

A partir de pêches commerciales réalisées durant un cycle annuel (juillet 2010 - Juin 2011), nous avons échantillonné 2266 individus. Sur la base de critères morphométriques et méristiques, nous avons caractérisé la population de *S. pilchardus* du LEA. Les valeurs numériques obtenues sont proches ou égales de celles rapportées par la littérature. Les croissances des différentes parties du corps sont souvent isométriques par rapport à la longueur totale ou céphalique. Des résultats similaires ont été observés chez la sardinelle *Sardinella aurita* et le Saurel *Trachurus trachurus* pêchés dans la même région. Lc, Lpa, Hc, Hpc et Ec sont les paramètres valables pour la distinction entre mâles et femelles. Ils permettent de mettre en évidence un dimorphisme sexuel morphologique.

L'âge de *S. pilchardus* a été déterminé par la méthode indirecte des analyses des fréquences de tailles. La longueur totale (Lt) et le poids corporel éviscéré (Pe) varient respectivement entre 8,5 et 19 cm et entre 4,16 et 45,47 g. La sardine *S. pilchardus* capturée dans les eaux du LEA présente une courte longévité. Les limites d'âges déterminés par cette méthode varient entre 0 et 3 ans aussi bien pour les femelles que pour les mâles. Les paramètres de la croissance chez calculés par le modèle classique de Von Bertalanffy sont:

<b>Linéaire:</b>	Population totale;	$L_t = 20,21 [1 - e^{-0,51(t + 2,77)}]$ ,
	Mâles;	$L_t = 18,64 [1 - e^{-0,67(t + 1,73)}]$ ,
	Femelles;	$L_t = 19,16 [1 - e^{-0,4(t + 3,16)}]$ .
<b>Pondérale:</b>	Population totale;	$P_{ev} = 59,73 [1 - e^{-0,51(t + 2,77)^{3,12}}]$ ,
	Mâle;	$P_{ev} = 40,32 [1 - e^{-0,67(t + 1,73)^{2,9}}]$ ,
	Femelles	$P_{ev} = 83,23 [1 - e^{-0,4(t + 3,16)^{3,23}}]$ .

La comparaison des paramètres de croissance de Von Bertalanffy ( $L_\infty$ , k,  $t_0$ ) et de l'indice de performance ( $\phi$ ) chez *S. pilchardus* des côtes Est Algériennes par rapport à ceux obtenus dans d'autres régions montre des différences significatives avec une croissance relative globalement majorante où  $b = 3,1$ . Elle est minorante chez les mâles avec  $b = 1,09$  et majorante chez les femelles où  $b = 3,23$ .

La sex-ratio, la période de ponte, le mode de reproduction, la taille à la 1<sup>ère</sup> maturité, la fécondité et l'histologie des ovocytes représentent les divers aspects de la reproduction. La sex-ratio est globalement en faveur des femelles avec  $SR = 1,26:1$ ;  $\chi^2 = 25,77$  et  $P \leq 0,001$

soit pendant ou hors période de reproduction. *S. pilchardus* se reproduit en hiver entre octobre et mars à partir d'une longueur totale de 11,28 cm pour les femelles et 11,5 cm pour les mâles. La sardine, comme d'autres Clupéidés, a une ponte fractionnée produisant plusieurs lots distincts d'ovocytes pendant la période de reproduction. Le cycle de reproduction permet d'assurer une quantité suffisante d'œufs matures ce qui n'est possible que dans le processus régulier d'ovogenèse, processus continu et très dynamique dans les ovaires. L'ovogenèse se manifeste par une série de changements dans les ovocytes au cours desquels ils passent par 5 stades de développement ovocytaire: Stade I: Immature; Stade II: Immature ou repos; Stade III: En voie de développement; Stade IV: Pré-ponte et Stade V: Ponte.

Les valeurs minimales de l'adiposité ont été rencontrées lors de la période froide sur les côtes Est Algériennes. Il apparaît clairement que la graisse est très abondante du printemps à l'automne, période qui précède le début de la reproduction, ce qui implique une accumulation des réserves chez la sardine avant la période de reproduction. Ce stockage d'énergie sous forme de graisses est utilisé plutôt lors des activités reproductrices. L'évolution mensuelle du coefficient de condition  $K$  permet de confirmer l'existence d'une stratégie dans l'utilisation des apports énergétiques. C'est durant le repos sexuel et la période d'abondance du plancton que la sardine se nourrit le plus et augmente son poids somatique ce constat a été également signalé en mer Méditerranée par nombreux auteurs et dans l'océan Atlantique. Il faut noter que les variations du coefficient de condition  $K$  varient en sens inverse du RGS. Dans les eaux du LEA, la sardine n'arrête pas de s'alimenter en période de ponte et les réserves musculaires n'interviennent pas dans l'élaboration des gamètes les mêmes résultats ont été obtenu par Bedairia et Djebar en 2009.

La fécondité absolue de *S. pilchardus* est comprise entre 17195 et 2572 ovocytes alors que la fécondité relative moyenne est estimée à 325,37 œufs/g.

Dans son milieu naturel, la sardine se comporte comme un planctophage qui se nourrit essentiellement de copépodes. Dix items différents ont été identifiés:

Dinoflagellates, Cnidaires, Cladocères, Ostracodes, Copepodes, Decapodes, Amphipodes, Mollusques, Amphipodes, Mysidaces et Vertèbres «ichtyoplancton». Le classement des proies ingérées selon la fréquence  $F\%$  a permis de regrouper les Copépodes dans la catégorie des aliments préférentiels et ce pendant toute l'année.

## En perspectives

De nombreux champs d'investigation restent ouverts pour compléter les connaissances actuelles sur la sardine. Des études pluridisciplinaires paraissent indispensables pour mieux cerner la dynamique des stocks de cette espèce et en assurer une meilleure gestion. Parmi les champs à développer :

**-L'estimation** de la fréquence de ponte.

**-L'évaluation** de la biomasse des stocks par la méthode de production journalière d'œufs.

**-La détermination** des âges selon la lecture journalière des otolithes.

**-La Recherche** des modèles démographiques applicables à la gestion des pêches qui auront **4 objectifs**:

**Estimer** l'abondance et la structure démographique des stocks de pêche; de discerner ce qui procède de facteurs naturels de ce qui résulte de l'exploitation,

**Evaluer** quantitativement les modalités d'exploitation et leur adéquation aux objectifs de gestion.

**Mettre en place** un cadre institutionnel approprié comportant:

- des équipes de spécialistes auxquelles la responsabilité des plans de reconstitution doit être confiée.

- un mécanisme participatif associant les marines engagés dans les différentes activités de pêche afin d'assurer une meilleure transparence.

**Valoriser** l'effort de pêche grâce à un système indépendant de suivi de la biomasse du stock.

## Références bibliographiques

### A

**Abad R. et Giraldez A. (1993)** «Reproduccion, factor de condicion y talla de primer madurez de la *Sardina pilchardus* (Walb.), del litoral de Malaga, mar de Alboran (1989 à 1992)» Biol. Inst. Esp. Oceanogr. 9 (1), 145-155.

**Aboussouan A. et Lahaye J. (1979)** «Les potentialités des populations ichtyologiques. fécondité et ichtyoplancton». Cybium, 3 (6): 29-46.

**Alvarez F. (1980)** «Growth studies of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in Galician waters. N. W. Spain». ICES C.M. 1981/ H: 29:11 p.

**Amenzoui k., Tachinante F., Yahyaoui A., Kifani S. et Mesfioui A. (2006)** «Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast». C. R. Biologie 329, pp. 892-901.

**Amenzoui K. (2010)** «Variabilité des caractéristiques biologiques de la sardine, *Sardinapilchardus* (Walbaum, 1792) exploitée au niveau des zones de Safi, Agadir et Laâyoune (côtes atlantiques Marocaines)». Thèse de Doctorat, université mohammed V – Agdal, Maroc.

**Andreu B. et Pinto J. S. (1957)** «Caracteristicas histologicas y biometricas del ovario de sardina (*S. pilchardus*) en la maduracion, puesta y recuperacion, origen de los ovocitos». Invest. Pesquera. 6, 3-38.

**Andreu B. (1969)** «Las branchiespinas en la caracterizacion de las poblaciones de *Sardina pilchardus*». *Investigacion. Pesquera de Barcelona*. 33(2): 425-607.

**Anonyme (2000)** «Minitab. Reference manual, release 13.2 for windows and A State College Minitab». 1047 p.

**Atarhouch T., Rüber L., Gonzalez E. G., Albert E. M., Rami M., Dakkak A. and Zardoya R. (2006)** «Signature of an early genetic bottleneck in a population of Moroccan sardines *Sardina pilchardus*». *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39(2), 373-38.

### B

**Bacha M., Moali A., Benmansour N. E., Brylinski J. M., Mahe K. and Amara R. (2010)** «Relationships between age, growth, diet and environmental parameters for anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Bay of Bénisaf, SW Mediterranean, west Algerian coast». *Cybium*, 34(1), 47-57.

**Bagenal T. B. (1966)** «The ecological and geographical aspects of the fecundity of the plaice». Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 46(01), 161-186.

**Bagenal T.B. (1973)** «Fish fecundity and its relations with stock and recruitment». Rapp. P.v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 164: 186-198.

**Barkova N. A., Chukhgalter O.A. et Scherbitch L.V. (2001)** «Problèmes structuraux des populations de sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) habitant au large des côtes de l'Afrique du Nord-Ouest». In Groupe de Travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique Nord-Occidentale Nouadhibou, Mauritanie, 24-31 mars 2001 (657): 120-133.

**Bedairia A. et Benchikh N. (2003)** «Estimation de la biomasse équilibrée de la sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) du golfe d'Annaba». Mémoire de fin d'études d'ingénieur d'état en sciences de la Mer. Option: Halieutique ISMAL. Alger: 69 p.

**Bedairia A. et Djebbar A. B. (2006)** «La Sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) du golfe d'Annaba: âge et croissance». Comm. Int. Huitièmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer. Hammamet-Tunisie, du 16 au 19 Décembre.

**Bedairia A. et Djebbar A. B. (2007)** «Estimation de la biomasse exploitable de la sardine *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba». Workshop International sur la Gestion des Ressources Halieutiques. ISMAL Alger, du 29 au 30 octobre.

**Bedairia A. et Djebbar A. B. (2007)** «Estimation de la biomasse exploitable et du  $F_{0.1}$  de la sardine *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba». Thèse de Magistère. Univ-Annaba; Algérie. 133 p.

**Bedairia A. et Djebbar A. B. (2009)** «A preliminary analysis of state of exploitation of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the gulf of Annaba, Algerian East». Animal Biodiversity and conservation, 32.2:89-100.

**Bedairia A. et Djebbar A. B. (2009)** «Aspect reproductifs de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) du golfe d'Annaba». Colloque International de Biologie Environnementale, CIBE 2009. Skikda, du 8 au 10 novembre 2009.

**Bedairia A. et Djebbar A. B. (2009)** «General Fisheries Commission for the Mediterranean». GFCM-SAC, Sub-Committee on Stock Assessment (SCSA) Ancona, du 26 au 29 octobre. Italy.

**Bedairia A. et Djebbar A. B. (2010)** «Environnement et développement durable: cas de la sardine, *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba». Journée mondiale de l'alimentation, Alger le 16 octobre 2010. INAT. El harrach-Algérie.

**Belvèze H. (1984)** «Biologie et dynamique des populations de sardine (*Sardina pilchardus*) peuplant les côtes atlantiques et proposition pour un aménagement des pêcheries». Thèse doctorat d'Etat, université Brest Occidentale, 531p.

**Belvèze H. et Rami M. (1978)** «Détermination de l'âge de la sardine marocaine (*Sardina pilchardus*)». Eléments de croissance comparés. II. Inst. Pêches Marit., 23, pp : 58-81.

**Bencherifi S., Idrissi M. et Lakhnigue A. (1989)** «Structure démographique du stock de sardines *Sardina pilchardus* peuplant les côtes Méditerranéennes du Maroc». Rapport de la sixième consultation technique du conseil général des pêches.

**Barnabé G. (1976)** «Contribution a la connaissance de la biologie du loup *Dicentrarchus labrax* (L.)(Poisson Serranidae) de la région de Sète». (Dissertation Doctorale, Université des Sciences et Techniques du Languedoc).

**Bernal M., Stratoudakis Y., Coombs S., Angelico M.M., Lago de Lanzos A., Porteiro C., Sagarminaga Y., Santos M., Uriarte A., Cunha E., Valdés L. and Borchers D. (2007)** «Sardine spawning off the European Atlantic coast : Characterization of spatio-temporal variability in spawning habitat». Prog. Oceanog., 74,210-227.

**Bertin L. (1958)** «L'appareil digestif des poissons. In Grassé, Traité de zoologie (Anatomie, Systématique, Biologie)». Agnathes et poissons: Anatomie, éthologie, systématique. Masson (éds.), Paris T.XIII, II: 926- 1812.

**Beyer J.E. (1991)** «On length-weight relationships. 2. Computing mean weights from length statistics». Fishbyte, 9: 50-54.

**Bhattacharya C. G. (1967)** «A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components». Biometrics, (23), 115-135.

**Biaz, R., et Rami, M. (1978)** «Données disponibles sur les poissons pélagiques de la côte nord Marocaine». FAO Fisheries Reports (FAO).n°.204.

**Blaxter J. H. S. (1969)** «Experimental rearing of pilchard larvae, *Sardina pilchardus*» Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 46, 219-234.

**Boely T. (1979)** «Biologie de deux espèces de sardinelles (*S. aurita* et *S. maderensis*) des côtes sénégalaises». Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris VI, 219 p.

**Bouaïn A. (1977)** «Contribution à l'étude morphologique, anatomique et biologique de *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758) et *Dicentrarchus punctatus* (Bloch, 1792) des côtes Tunisiennes». Thèse de Doctorat de spécialité. Faculté des Sciences de Tunis. 115.

**Bouchereau J. L. (1981)**. «Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie)». Thèse Doctorale 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Aix-Marseille II. 239 p.

**Bouchereau J. L. et Ghazi M. (1988)** «Paramètres de croissance de (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), de la baie de Beni- Saf (Algérie)». Rapport de la Commission Internationale de la Mer Méditerranée **31** (2): 267.

**Boudouresque C. F., Van Klaveren M .C. and Van Klaveren P. (1996)** «Proposal for a list of threatened or endangered marine and brackish species (plants, invertebrates, fish, turtles and mammals) for inclusion in appendices I, II and III of the Bern Convention». Council of Europe, Document S/TPVS96/TPVS48E, 96A, 138 pp

**Bougis P. (1952)** «Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L., *Mullus surmuletus* L.)». Arch. Zool. Exp. gén, 89 (2): 57-174.

**Bouhali F. Z., Ladaimia S., Diaf A., Benchikh N. et Djebbar A. B. (2012)** «Reproduction et régime alimentaire chez la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes de l'est Algérien». Les 14<sup>èmes</sup> journées Tunisiennes des Sciences de la Mer de 15 - 18 décembre 2012.

**Bouhali F. Z., Ladaimia S., Diaf A., Benchikh N. et Djebbar A.B. (2013)** «Etude de la dynamique de croissance et dimorphisme sexuelle chez la sardine *Sardina pilchardus* des côtes est Algérien». XXIII<sup>ème</sup> journées nationales de la biologie de la SSNT du 14 a 17 décembre 2013.

**Bouhali F. Z., Lechekhab S., Ladaimia S., Bedairia A., Amara R. et Djebbar A. B. (2015)** «Reproduction et maturation des gonades de *Sardina pilchardus* dans le golfe d'Annaba (Nord-Est algérien)». Cybium, 39(2): 143-153.

**Boulva J. (1975)** «Données nouvelles sur la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum 1792) du golfe de Lion en Méditerranée». FAO, Rapp. Pêches.

**Brahmi B., Bennoui A. et Oualiken A. (1998)** «Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) dans la région centre de la côte Algérienne». Marine populations dynamics vol. 35.

**Bravo de Laguna J., Fernandez M. A. R. et Santana J. C. (1976)** «The Spanish fishery on sardine (*Sardina Pilchardus*) off West Afrika». ICES C.M.J13 Pelagic fish (Southern) committee, 19 pp.

## C

**Chavance P. (1980)** «Production des aires de ponte, survie larvaire et biomasse adulte de la sardine et de l'anchois dans l'est du golfe du Lion». Méditerranée occidentale. Téthys, 9 (4): 399-413.

**Chlaida M., Ettahiri O., Planes S., Jaziri H., Kifani S. and Ben cherifi S. (2008)** «In Relationship between genetic structure and ichthyologic aspect on *Sardina pilchardus* populations in the north western Africa coasts. Eastern Boundary Upwelling Ecosystems Symposium integrative and comparative approaches». Las Palmas de Gran Canaria, Canary Islands, Spain.

**Choulika M. (2002)** «Contribution à l'étude de la biologie d'un poisson côtier le Saurel *Trachurus trachurus*, (Linne, 1758): Anatomie et histologie du tube digestif».Thèse de Magistère, Université d'Annaba-Algérie.

**Clark J. M. (1934)** «Strategic factors in business cycles».NBER Books.

**Coombs S. H., Smyth T. J., Conway D. V. P., Halliday N. C., Bernal M., Stratoudakis Y. and Alvarez P. (2006)** «Spawning season and temperature relationships for sardine (*Sardina pilchardus*) in the Eastern North Atlantic». J. Mar. Biol. Ass. U.K., 86, 1245-1252.

**Copace (1978)** «Les pêches dans l'Atlantique centre-est. Rapport du groupe de travail sur l'unification de détermination de l'âge de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walb)». COPAC/TECH/78/8/Dakar (fr.): 9 p.

**Costalago D., Joan Navarro J., Álvarez-Calleja I. and Palomera I. (2012)** «Ontogenetic and seasonal changes in the feeding habits and trophic levels of two small pelagic fish species from the Mediterranean Sea». Marine Ecology Progress Series, 460: 169-181.

**Costalago, D., and Palomera, I. (2014)** «Feeding of European pilchard (*Sardina pilchardus*) in the northwestern Mediterranean: from late larvae to adults».Scientia Marina, 78(1), 41-54.

**Covay D.V.P., Coombs S.H., Fernández de Puellas M.L. and Tranter P.R.G. (1994)** «Feeding of larval sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum), off the north coast of Spain». Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 10(2):165-175

**Cýnahgýr B. (1996)** «Reproduction of European pilchard, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Aegean sea». Turk. J. Zool., 20: 33-50.

## D

**Dagnelie P. (1975)** «Théorie et méthodes statistiques». Applications agronomiques. Tome II. Gembloux, Belgique: Presses agronomiques de Gembloux, 463 p.

**Dagnelie P. (1998)** «Inférence statistique à une et à deux dimensions» (Vol. 2). De Boeck Supérieur.

**Déniel C. (1981)** «Les Poissons plats (Téléostéens, Pleuronectiformes) en baie de Douarnenez: reproduction, croissance et migration des Bothidae, *Scophthalmidae*, *Pleuronectidae* et *Soleidae*». (Doctorale dissertation, Université de Bretagne occidentale-Brest).

**Derbal F. et Kara M. H. (2010)** «Composition et variation des peuplements ichthyologiques d'herbier superficiel à *Posidonia oceanica* (L.) dans la baie d'Annaba». Rev. Ecol. (Terre Vie), 65: 1-11.

**Djabali F. et Mouhoub R. (1989)** «Reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbum, 1792) de la région d'Alger». Pélagos, Bull. Inst. Scient. de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, 7 (1): 29-31.

**DPRH, (2014)** «Bilan annuels d'activités. Direction de la pêche et des ressources halieutiques d'Annaba».

## E

**Engelhard G. H. and Heino M. (2004)** «Maturity changes in Norwegian spring-spawning herring *Clupea harengus*: compensatory or evolutionary responses».

**Ettahiri O., Berraho A., Vidy G., Ramdani M. and Do chi T. (2003)** «Observation on the spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan Atlantic coast (21-26N)». *Fisheries Research*, 60: 207-222.

## F

**Fage L. (1920)** «Engraulidae, Clupeidae». *Rep. Dan. Ocean. Exp.*, vol. II. A.9, 1908-1910.

**FAO, (2010)** «Statistical Yearbook 2010: Aquaculture department, 2010», *Global Aquaculture production Statistics for the year*.

**FAO, (2013)** «Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture». *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, 289.

**Farrugio H. (1975)** «Les muges (poissons, téléostéens) de Tunisie-Répartition et pêche-Contribution à leur étude systématique et biologique».

**Fehri-Bedoui R., Dinis M.T. et Maamouri F. (2000)** «Étude histologique du développement de l'appareil digestif et de la vessie gazeuse de la sole, *Solea senegalensis* (soleidae)». *Cybiurn*, 24(4): 343-358.

**Fisher W., Bauchot M.L. et Shneider M. (1987)** «Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37». *Vertèbres Rome. FAO; Vol. 2: 761-1530*.

**Foberg K. G. (1982)** «A histological study of development of oocytes in capemin, *Mallotus villosus* Muller». *J. Fish Biol.* 20, 143-154.

**Fox M. and Crivelli A.J. (2001)** «Life history traits of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) populations introduced into warm thermal environments». *Vol.150, n4, pp.561-580(3 p.)*.

**Fréon P. (1988)** «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». *Inst. Française de Recherche. Sci pour le développement en Coopération. Collection Etudes et Thèses, Paris 1988 ORSTOM (Ed), 287 pp*.

**Fontana A. (1969)** «Étude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe Noire». *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, 7 (2): 101-113.

**Fulton T. W. (1911)** «The Sovereignty of the Sea: An Historical Account of the Claims of England to the Dominion of the British Seas, and of the Evolution of the Territorial Waters,

with Special Reference to the Rights of Fishing and the Naval Salute». The Lawbook Exchange, Ltd.

**Fulton T. W. (1998)** «On the growth and maturation of the ovarian eggs of teleostean fishes». Ann. Rep. Board SCOTH. 18, pp : 88-124.

**Furnestin J. (1950)** «Les races de sardines du détroit de Gibraltar et ses bords». Rapp P.V. Réun. Cons. int. Explor. Mer 126: 62-67.

## G

**Gaamour A. (1999)** «La sardine ronde (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) dans les eaux Tunisiennes: reproduction, croissance et pêche dans la région du Cap Bon». Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale. 246 p.

**Ganias K., Somarakis S., Koutsikopoulo C. and Machias A. (2007)** «Factors affecting the spawning period of sardins in tow highly oligotrophic Seas». Mar. Biol., 4, 1559-1569.

**Garcia J. V. and Miller A. D. (1991)** «Serine phosphorylation-independent downregulation of cell-surface CD4 by nef». Nature, 350(6318), 508-511.

**Gayanilo Jr F. C., Sparre P. and Pauly D., (1994)** «The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide». FAO Computerized Information Series, Fisheries, 7.

**Gheno Y. et Le Guen J. C. (1968)** «Détermination de l'âge et croissance de *Sardinella eba* (Val.) dans la région de Pointe Noire». Cah. O.R.S.T.O.M., Ser. Océanogr., 6 (2) : 69-82.

**Gonçalves J.M.S., Bentes L., Lino P.G., Ribeiro J., Canario A.V.M. and Erzini K. (1997)** «Weight length relationship for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal». Fish. Res., 30: 253-256.

**Guerauld D. et Avrilla J. L. (1978)** « La sardine de la côte des Landres». Pêche et biologie. CIEM.C.M/H, 23:18 p.

**Guerauld D. (1980)** «La croissance linéaire de la sardine du golfe de Gascogne. Ses variations à long terme». CIEM. C. M/H, 40: 9 p.

**Gushchin A. V. and Corten A. (2015)** «Feedind of pelagic fische in waters of Mauritania: European Anchovy, *Engraulis encasicolus*, Europea Sardine, *Sardina pilchrudus*, Round Sardinelle, *Sardinella aurita*, and Fat Sardenella, *S. maderensis*», journal of inchthylogy , vol.55; N1; p77-85.

## H

**Hamida C. (2004)** «Biologie et dynamique de la sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) dans le golfe d'Annaba». Thèse de Magistère, Université d'Annaba-Alge.

**Harchouche K. (2006)** «Contribution à la systématique du genre *Spicara* ; écologie, biologie et exploitation de *Spicara maena* (Poisson, Téléostéen) des côtes Algériennes». Thèse

Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie «Houari Boumediene» USTHB / Alger.

**Harding J. P. (1949)** «The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions». J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 28 : 141-153.

**Hunter J. R. and Macewicz B. J. (1985)** «Measurement of the spawning frequency in multiple spawning fishes, in: R. Lasker (éd.), An egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the northern *Anchovy*, *Engraulis*».

## I

**Idrissi M. et Zouiri M. (1985)** «Données biostatistiques disponibles sur la sardine et l'anchois en Méditerranée marocaine». Rapport de la 4<sup>ème</sup> consultation technique du CGPM. Sidi Fredj, Algérie. 16-21 novembre 1985. FAO. Rapp. Pêches, (347): 99- 105.

## J

**Jennings S., Kaiser MJ. and Reynolds JD., (2001)** «Marine fisheries ecology». Blackwell Sciences Lenders.

## K

**Kartas F. (1981)**. «Les Clupéidés de Tunisie. Caractéristiques biométriques et biologiques. Etude comparée des populations de l'Atlantique-Est et de la Méditerranée». Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tunis, Faculté des sciences, 608 p.

**Kartas F. et Quignard J. P. (1984)** «La Fécondité des Poissons Téléostéens». Collection de Biologie des Milieux Marins, n 5: 121p.

**Khemiri S. (2006)**. «Reproduction, âge et croissance des trois espèces de téléostéens pélagiques des cotes Tunisiennes: *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus* et *Boops loops*». Thèse Doctorat de l'ENSAR, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes Spécialité Halieutique.

**King M. (1995)** «Fisheries Biology: Assessment and Management». 341 p. Oxford, England: Fishing New Books, eds, Osney Mead.

**Krzeptowski M. (1983)** «Biological characteristics of sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) off West Sahara». Acta Ichtyol. Piscatoria, 13(1): 13-38.

## L

**Lavoué S., Miya M., Saitoh K., Ishiguro N. B. and Nishida M. (2007)** «Phylogenetic relationships among anchovies, sardines, herrings and their relatives (Clupeiformes), inferred from whole mitogenome sequences». Molecular phylogenetics and evolution, 43(3), 1096-1105.

**Le Bec C. (1985)** «Cycle sexuel et fécondité de la sole *Solea vulgaris* (Quensel, 1806) du golfe de Gascogne». Rev. Trav. Ins. Pêch. Mar., 47 (3 et 4): 179-189.

**Le Duff (1997)** «Cinétique de l'ovogenèse et stratégies de ponte chez les poissons téléostéens en milieu tempéré». Thèse Doct., Univ. Bretagne occidentale, Brest, 170 p.

**Lee J. Y. (1961)** «Note complémentaire sur les sardinelles *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) du golfe du Lion ». Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 16 (2) : 335-339.

**Lahaye J. (1980)** «Les cycles sexuels chez les poissons marins». Oceanis 6 (7): 637-654.

**LCHF. (1976)** «Extension du port d'Annaba. Etude générale des conditions naturelles dans le Golfe». Synthèse finale du LCHF, 50 p.

**L'Herrou R. (1971)** «Etude biologique de la sardina du golfe de Gascogne et du plateau celtique». Rev. Trav. Inst. Pêches marit, 35 (4): 455-473.

**Lieonart J. (1990)** «La pesqueria de Catalunya Valencia: description global y planteamiento de las bases para conseguimiento: informe Final. Comision de las Comunales turopeas», DGXIV: 1634 p.

**Longhurst R. (1971)** «The clupeoid resources of tropical seas». Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 9, 349-385.

**Lopez J. (1963)** «Edal de la sardina, *Sardina pilchardus*, Walbaum, (1792) de Barcelona». Invest. Pesp.Barç; 23: 133-157.

## M

**Makaoui A., Orbi A., Hilmi K., Zizah S., Larissi J. et Talbi M. (2008)**. «L'upwelling des côtes Atlantique du Maroc entre 1994 et 1998». C. R. Geoscience 337, pp. 1518-1524.

**Martoja R. et Martoja-Pierson M. (1967)** «Initiation aux techniques de l'histologie animale». Paris: Masson et Cie; 1967:345.

**Mater S. and Bayhan B. (1999)** «Growth of the sardine (*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) distributing in Izmir Bay. Aegean Sea». J. Fish. Aquat. Sci., 16(3-4): 257-267.

**Maurin H. (1966)** «Paramétrisation générale d'un programme linéaire». Service de Documentation Scientifique et Technique de l'Armement.

**Mayrat A. (1959)** «Nouvelle méthode pour l'étude comparée d'une croissance relative dans deux échantillons. Application à la carapace de *Penaeus kerathurus* (Forsk.)». Bulletin de l'I.F.A.N., XXI, 1: 21-59. mordax. NOAA Technical Report NMFS, 36, pp. 79-94.

**Mendez-Vilamil Mata M., Lorenzo-Nespereira J. M., Gonzalez Pajuelo J. M. and Soto-Aguilera R. (1997)** « Periodo reproductor y madurez sexual de la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) en aguas de Gran Canaria (islas Canarias)». Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 13 (1 et 2): 47-55.

**Millán M. (1999)** «Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz. SW Spain». Fisheries Research 41: 73-86.

**Molina R. E. and Manrique F .A. (1994)** «Aplicación de dos nuevos índices numéricos a la Ecología alimenticia de tres clupeiformes del Golfo de California». Universidad y ciencia, Vol. 11:37-42.

**Morales B. (1990).** «Parametros biologicos del salmonete *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Mallorca». Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 7(2): 139-147.

**Morgan D., Van der Ven A. et Ceder G. (2004)** «Li conductivity in Li x MPO 4 (M= Mn, Fe, Co, Ni) olivine materials». Electrochemical and solid-state letters, 7(2), A30-A32.

**Mozzi C. et Duo A. (1959)** «Croissance et âge des sardines de la haute Adriatique, débarquées à Chioggia». Italie. Proc. Gen. Fish. Coun. Médit. 5: 105- 112.

**Mouhoub R. (1986)** «Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes Algéroises». Thèse de Magistère, USTHB. Alger.163 p.

**MPRH, (2003)** «Plan national de développement des activités de la pêche et l'aquaculture, 2003-2007».

**MPRH, (2009)** «Manuelles statistiques des pêches 2000-2009». Ministère de la pêche et des ressources halieutiques / sous direction des statistiques.

**Mustać B. and Sinovčić C. (2010)** «Morphometric and meristic parameters of sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) in the Zadar fishing area». Ribarstvo **68** (1): 27–43.

## N

**N'da K. (1992).** «Regime alimentaire du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) dans le nord du golfe de Gascogne». Cybium, 16(2), 159-167.

**Nikolsky G.V. (1963)** «The ecology of fishes». Academic Press. 352 p.

**Nikolioudakis N., Palomera I., Machias A. and Somarakis S. (2011)** «Diel feeding intensity and daily ration of the sardine *Sardina pilchardus*». Mar. Ecol. Prog. Ser. 437: 215-228.

**Nikolioudakis N., Palomera I., Machias A. and Somarakis S. (2012)** «Diet of sardine *Sardina pilchardus*: an 'end-to-end' field». Mar. Ecol. Prog. Vol. 453: 173–188.

## O

**Ounissi M., Frehi H. et Khelifi-Touhami M., (1998)** «Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golfe d'Annaba (Algérie)». Ann. Inst. Océanogr, Paris, 74 (1): 13-28.

**Olivar M. P., Salat J. and Palomera I. (2001)** «Comparative study of spatial distribution patterns of the early stages of anchovy and pilchard in the NW Mediterranean Sea». Marine Ecology Progress Series 217: 111-120.

## P

**Parnell R. D. and Russell K. E. (1974)**. «An electron spin resonance study of the second-order decay of 4-alkyl-2, 6-di-t-butylphenoxy radicals in solution». Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2, (2), 161-164.

**Parrish R. H., Mallicoate D. L. and Klingbeil R. A. (1986)** «Age dependant fecundity, number of spawning per year, sex ratio, and maturation stages in northern anchovy, *Engraulis mordax*». Fish Bull (Wash DC) 84: 503-517.

**Parrish R. H., Serra R. and Grant W. S. (1989)** «The monotypic sardines, sardina and sardinops: their taxonomy, distribution, stock structure and zoogeography». Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 2019-2036.

**Parrish R. H. and Mallicoate D. L. (1995)** «Variation in the condition factors of California pelagic fishes and associated environmental factors». Fish. Oceanogr. 4(2): 171-190.

**Pauly D. and Munro J. L. (1984)** «Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates». ICLARM Fishbyte, 2 (1): 21.

**Pauly D. (1993)** «Fishbyte section editorial». Naga, ICLARM Quart 16, 26 p.

**Pérez N., Porteiro C. and Alvarez F. (1985)** «Contribución al conocimiento de la biología de la sardina de Galicia». Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 2, 3, 27-37.

**Petrakis G. et Stergiou, K. I. (1995)** «Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters». Fisheries research, 21(3), 465-469.

**Poupin J., Cussatlegras A. et Geistdoerfer, P. (1999)**. «Plancton marin bioluminescent. In: Rapport Scientifique du LOEN», Brest, France. 64 pp.

## Q

**Quignard J. P. et Kartas F. (1976)** «Observation sur la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), poisson, Téléostéen) des côtes tunisiennes durant l'hiver 1973-1974». (Caractères numériques; relation taille-poids; état sexuel). Rapp. CIEM .23 (8): 21- 25.

## R

**Ramade F. (1993)** «Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement». Edi.science international.

**Ré P., Cabral e Silva R., Cunha E., Farinha A., Meneses I. and Moita T. (1990)** «Sardina spawning off Portugal». Bol. Inst. Nac. Invest. Pescas, Lisboa, 15: 31-44.

**Ricker W. E. (1954)** «Stock and recruitment». Journal of the Fisheries Board of Canada, 11(5), 559-623.

**Roff D. A. (1983)** «An allocation model of growth and reproduction in fish». Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40,1395-1404.

**Rose M. (1933)** «Faune de France. Copépodes pélagiques». Paris: Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles.

## S

**Safran C., Bloomrosen M., Hammond W. E., Labkoff S., Markel-Fox S., Tang P. C. and Detmer D. E. (2007)**. «Toward a national framework for the secondary use of health data: an American Medical Informatics Association White Paper». Journal of the American Medical Informatics Association, 14(1), 1-9.

**Sever T. M., Bayhan B and Taskavak E. (2005)** «A preliminary study on the feeding regime of European pilchard (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792) in Izmir Bay, Turkey, Eastern Aegean Sea». Naga 28, 41-48.

**Silva A. (2003)** «Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean». ICES Journal of Marine Science 60: 1352-1360.

**Silva A., Santos M. B., Morais A., Carrera P., Alvarez P., Jorge A., Peleteiro E., Caneco B., Porteiro C. and Uriarte A. (2004)** «Geographic variability in sardine maturity and growth within the Atlanto-Iberian stock area». ICES CM / Q: 15.

**Silva A., Santos M., Caneco B., Pestana G., Porteiro C., Carrera P. and Stratoudakis Y. (2006)** «Temporal and geographic variability of sardine maturity at length in the northeastern Atlantic and the western Mediterranean». ICES J. Mar. Sci., 63: 663-676.

**Simpson A. C. (1951)** «The fecundity of the plaice». Fish. Invest. Lond. Ser., 2(5): 17-27.

**Sinovčić G., 1991.** «Stock size, assessment of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) population from central eastern Adriatic on the basis of VPA method». Acta Adriat., 32(2): 869-884.

**Sinovčić G., Franicevic M., Zorica B. and Cikes-kec V. (2004)** «Length-weight and length-length relationships for 10 pelagic fish species from the Adriatic Sea.Croatia». J. Appl. Ichthyol., 20: 156-158.

**Sinovčić G., Cikes-kec V. and Zorica B. (2008)** «Population structure, size at maturity and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792), in the nursery ground of the eastern Adriatic Sea (Krka River Estuary, Croatia)». Estuar., Coast. Shelf Sci., 76: 739-744.

**Somoue L. (2004)** «Structure des communautés planctoniques de l'écosystème pélagique de l'Atlantique sud marocain entre cap Boujdor et cap Blanc». Thèse de Doctorat. National Spécial. Océanog. Université Hassan II Ain Chok Casablanca, 300 pp.

**Sorbe J. C., (1972)** «Ecologie et éthologie alimentaire de l'ichthyofaune chalutable du plateau continental Sud-Gascogne». Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Aix-Marseille, 125 p.

## T

**Tanaka S. (1956)** «A method of analysing the polymodal frequency distribution and its application to the length distribution of Porgy *Taius tunifroms* (Tand S)». Bull. Takai reg. Fish. Res. Lab., 14: 1-15.

**Teissier G. (1948)** «La relation d'allométrie: sa signification statistique et biologique». Biometrics, 4(1): 14-53.

**Tomasini J. A., Bouchereau J . L., et Ben Sahala Talet A. (1989)** «Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) des côtes oranaises (Algérie)». Cybium 13 (1) 37-50.

## V

**Van der Lingen C. D. (1994)** «Effect of particle size and concentration on the feeding behaviour of adult *pilchard Sardinops sagax*». Marine Ecology-Progress Series, 109, 1-1.

**Van der Linger C., Cubillos L., Espinoza P. and Bertrand A. (2006)** «Comparative trophodynamics of small pelagic fish species in the Benguela current and Humboldt current upwelling systems». International conference on Humboldt current system: Climate, Ocean Dynamics, Ecosystem Processes and Fisheries, Lima (PER).

**Vegas-Vele Z. M. (1972)** «Contribution à l'étude de l'appareil digestif des Téléostéens. Rapports avec l'éthologie alimentaire». Thèse de Doctorat d'état ès Sciences naturelles, Univ. Aix-Marseille, n C.N.R.S: A.O. 7618, p 206.

**Von Bertalanffy L. V. (1938)** «Aquantitative theory of organic growth. (Inquiries on growth laws II)». Hum. Biol. 10: 181-213

**Voulgaridou P. and Stergiou K.I. (2003)** «Trends in various parameters of sardine». Sci. Mar., 67(Suppl. 1): 269-280.

## W

**West G. (1990)** «Methods of assessing ovarian development in fishes»: a review. Aust. J. Freshwat. Res., 41: 199-222.

**Whitehead P. J. P. (1985)** «Clupeoid fishes of the world (sub-order Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae ». FAO Fish. Synop. 125 (7/1): 1-303.

**Winters, G. H., and Wheeler J. P. (1994)** « Length-specific weight as a measure of growth success of adult Atlantic herring (*Clupea harengus*) ». Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 51 (5), 1169-1179.

**Wootton R. J. (1990)** «Introduction. In Ecology of Teleost Fishes» (pp. 1-14). Springer Netherlands.

**Annexe 1.** Caractères numériques chez les femelles (N = 200) de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Caractères	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs limites
Nombre de branchiospines inférieures	56.69	6.24	53	45-72
Nombre de branchiospines supérieures	30.5	3.99	30	21-41
Nombre de rayons de la nageoire dorsale	17.61	1.03	18	15-20
Nombre de rayons de la nageoire anale	17.42	0.99	18	16-19
Nombre de vertèbres	50.84	0.66	51	50-52

**Annexe 2.** Caractères numériques chez les mâles (N = 200) de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Caractères	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs limites
Nombre de branchiospines inférieures	57.56	6.50	56	44-72
Nombre de branchiospines supérieures	31.30	4.14	30	21-41
Nombre de rayons de la nageoire dorsale	17.68	0.66	18	16-18
Nombre de rayons de la nageoire anale	17.48	0.88	18	16-19
Nombre de vertèbres	51.04	0.79	51	50-52

**Annexe 3.** Caractères numériques chez les immatures (N = 68) de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Caractères	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs limites
Nombre de branchiospines inférieures	47.2	6.28	52	38-52
Nombre de branchiospines supérieures	25.4	3.67	22	22-32
Nombre de rayons de la nageoire dorsale	17.15	1.30	18	15-19
Nombre de rayons de la nageoire anale	17	0	17	17
Nombre de vertèbres	50.9	0.85	50	50-52

**Annexes 4.** Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez la population totale de *S. pilchardus* des côtes Est Algériennes. =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Fonction	Equation de régression	r	t <sub>obs</sub> (p≤0.05)	Type d'allométrie	Longueurs limites (cm)
L <sub>s</sub> =(Lt)	Ls=1.024 Lt-0.095	0.987	0.082	(=)	8.8 ≤ Lt ≤ 18.9    7.5 ≤ Ls ≤ 15.8
Lf=(Lt)	Lf=0.985 Lt-0.025	0.930	0.115	(=)	8 ≤ Lf ≤ 16
Lc=(Lt)	Lc=0.879 Lt-0.533	0.891	1.261	(=)	1.9 ≤ Lc ≤ 3.9
Lpd=(Lt)	Lpd=1.016 Lt-0.432	0.946	1.114	(=)	3.3 ≤ Lpd ≤ 7
Lpa=(Lt)	Lpa=1.312 Lt-0.559	0.963	0.886	(+)	4.5 ≤ Lpo ≤ 12.5
Lm=(Lc)	Lm=0.869 Lc-0.801	0.651	3.010	(-)	0.3 ≤ Lm ≤ 0.6
Do=(Lc)	Do=1.039 Lc-0.563	0.634	0.645	(=)	0.6 ≤ Do ≤ 1
Lpo=(Lc)	Lpo=1.158 Lc-0.530	0.663	2.380	(+)	0.7 ≤ Lpo ≤ 1.9
Hc=(Lt)	Hc=1.160 Lt-0.940	0.857	1.659	(=)	1.4 ≤ Hc ≤ 3.4
Hpc=(Lt)	Hpc=0.961 Lt-1.131	0.802	0.507	(=)	0.6 ≤ Hpc ≤ 1.2
Ec=(Lt)	Ec=1.068 Lt-1.085	0.742	0.954	(=)	1 ≤ Ec ≤ 2.2
LPo=(Lc)	LPo=1.093 Lc-0.413	0.732	1.319	(=)	0.7 ≤ LPo ≤ 1.9
Lpp=(Lt)	Lpp=0.929 Lt-0.587	0.911	0.650	(=)	1.9 ≤ Lpp ≤ 3.8
LPp=(Lt)	LPp=1.89 Lt-0.679	0.939	3.599	(+)	3.1 ≤ LPp ≤ 6

**Annexe 5.** Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez les femelles de *S. pilchardus* des côtes Est Algériennes. =: isométrie, -: allométrie minorante +: allométrie majorante.

Fonction	Equation de régression	r	t <sub>obs</sub> (p≤0.05)	Type d'allométrie	Longueurs limites (cm)
L <sub>s</sub> =(Lt)	Ls=1.034 Lt-0.106	0.989	3.576	(+)	9≤Lt≤18 7.5≤Ls≤15.5
Lf=(Lt)	Lf=0.993 Lt-0.331	0.907	0.248	(=)	8≤Lf≤15.9
Lc=(Lt)	Lc=0.884 Lt-0.538	0.893	4.219	(-)	2≤Lc≤3.9
Lpd=(Lt)	Lpd=1.026 Lt-0.441	0.943	1.227	(=)	3.6≤Lpd≤6.9
Lpa=(Lt)	Lpa=1.097 Lt-0.313	0.950	4.631	(+)	5.2≤Lpo≤12.5
Lm=(Lc)	Lm=0.934 Lc-0.839	0.470	1.045	(=)	0.3≤Lm≤0.6
Do=(Lc)	Do=1.058 Lc-0.576	0.580	1.071	(=)	0.6≤Do≤1
Lpo=(Lc)	Lpo=1.160 Lc-0.537	0.660	3.046	(+)	0.7≤Lpo≤1.4
Hc=(Lt)	Hc=1.202 Lt-0.985	0.830	5.095	(+)	1.5≤Hc≤3.4
Hpc=(Lt)	Hpc=0.960Lt-1.128	0.786	0.998	(=)	0.6≤Hpc≤1.2
Ec=(Lt)	Ec=1.116 Lt-1.141	0.710	2.406	(+)	1≤Ec≤2.2
LPo=(Lc)	LPo=1.109Lc-0.419	0.724	2.306	(+)	0.8≤LPo≤1.9
Lpp=(Lt)	Lpp=0.919Lt-0.575	0.908	3.079	(-)	2≤Lpp≤3.7
LPp=(Lt)	Lpp=0.967 Lt-0.431	0.936	1.426	(=)	3.2≤LPp≤5.9

**Annexe 6.** Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez les mâles de *S. pilchardus* de LEA. =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Fonction	Equation de régression	r	t <sub>obs</sub> (p≤0.05)	Type d'allométrie	Longueurs limites (cm)
Ls=(Lt)	Ls=1.026 Lt-0.098	0.994	3.905	(+)	9≤Lt≤18.9 7.5≤Ls≤15
Lf=(Lt)	Lf=1.007Lt-0.043	0.974	0.048	(=)	8.3≤Lf≤16
Lc=(Lt)	Lc=0.887 Lt-0.54	0.866	3.665	(-)	1.9≤Lc≤3.7
Lpd=(Lt)	Lpd=1.030 Lt-0.450	0.955	1.550	(=)	3.5≤Lpd≤7
Lpa=(Lt)	Lpa=1.113 Lt-0.331	0.985	9.836	(+)	4.5≤Lpo≤12
Lm=(Lc)	Lm=0.950 Lc-0.840	0.981	5.298	(-)	0.3≤Lm≤0.5
Do=(Lc)	Do=1.013 Lc-0.546	0.989	1.575	(=)	0.6≤Do≤1
Lpo=(Lc)	Lpo=1.277 Lc-0.582	0.765	19.380	(+)	0.7≤Lpo≤1.9
Hc=(Lt)	Hc=1.216 Lt-1.013	0.711	4.292	(+)	1.6≤Hc≤3.4
Hpc=(Lt)	Hpc=1.035Lt-1.223	0.611	0.543	(=)	0.6≤Hpc≤1.2
Ec=(Lt)	Ec=1.312 Lt-1.368	0.409	4.622	(+)	1≤Ec≤1.9
LPo=(Lc)	LPo=1.171Lc-0.454	0.745	20.693	(+)	0.9≤LPo≤1.9
Lpp=(Lt)	Lpp=0.905Lt-0.561	0.887	3.303	(-)	2≤Lpp≤3.8
LPp=(Lt)	Lpp=0.952 Lt-0.409	0.953	2.49	(=)	3.2≤LPp≤6

**Annexe 7.** Equation des droites de régression, coefficients de corrélation (r) et types d'allométrie de croissance des différents caractères mesurés chez les immatures de *S. pilchardus* des côtes Est Algériennes. =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Fonction	Equation de régression	r	t <sub>obs</sub> (p≤0.05)	Type d'allométrie	Longueurs limites (cm)
Ls=(Lt)	Ls=1.002Lt-0.071	0.988	0.003	(=)	8.8≤Lt≤14.8 7.5≤Ls≤12.5
Lf=(Lt)	Lf=0.943 Lt-0.018	0.986	0.060	(=)	8. ≤Lf≤ 13.3
Lc=(Lt)	Lc =0.875 Lt-0.526	0.808	0.550	(-)	1.9 ≤ Lc ≤3.2
Lpd=(Lt)	Lpd =1.010 Lt-0.425	0.960	0.020	(=)	3.3 ≤Lpd≤5.7
Lpa=(Lt)	Lpa =1.146 Lt-0.365	0.963	0.256	(=)	5.1 ≤ Lpo ≤9.3
Lm=(Lc)	Lm =992Lc-0.782	0.675	0.511	(-)	0.3 ≤ Lm ≤ 0.5
Do=(Lc)	Do =1.010 Lc-552	0.840	0.061	(=)	0.6 ≤ Do ≤1
Lpo=(Lc)	Lpo =0.992 Lc-0.454	0.620	0.045	(=)	0.7 ≤ Lpo ≤ 1.1
Hc=(Lt)	Hc =1.295 Lt-1.065	0.782	1.587	(+)	1.4≤ Hc ≤ 2.9
Hpc=(Lt)	Hpc =1.201Lt-1.367	0.840	0.699	(+)	0.6 ≤ Hpc ≤ 1
Ec=(Lt)	Ec =0.558 Lt-0.527	0.717	3.000	(-)	1 ≤ Ec ≤ 1.4
LPo=(Lc)	LPo =1.071Lc-0.399	0.616	0.396	(+)	0.4 ≤ LPo ≤ 0.9
Lpp=(Lt)	Lpp =0.942Lt-0.604	0.866	0.205	(=)	1.9 ≤ Lpp ≤ 3.3
LPp=(Lt)	Lpp =0.932 Lt-0.396	0.952	0.148	(=)	3.1 ≤ LPp≤ 5.2

**Annexe 8.** Distribution des fréquences de tailles de la population du *S. pilchardus* pêchée dans LEA. (C.C: Centre de classe de taille, ♀: Femelles, ♂: Mâles, I: Immatures.

C.C (cm)	Population totale (♀ +♂+ I)	(♀)	(♂)	I
8.75	2	1	-	2
9.25	12	3	1	7
9.75	32	8	-	24
10.25	65	3	5	57
10.75	85	24	14	47
11.25	135	46	30	58
11.75	141	60	57	24
12.25	228	90	100	38
12.75	161	91	62	8
13.25	158	91	67	-
13.75	144	85	59	-
14.25	246	137	109	-
14.75	177	90	87	-
15.25	213	85	128	-
15.75	252	163	89	-
16.25	119	63	56	-
16.75	55	33	22	-
17.25	30	19	11	-
17.75	7	5	2	-
18.25	2	2	-	-
18.75	2	1	1	-

**Annexe 9.** Croissances linéaires observées ( $L_{t_{obs}}$ ), théoriques ( $L_{t_{théo}}$ ) et accroissements théoriques ( $A_{théo}$ ) chez la population totale, les sexes séparés (femelles, mâles), calculés par la méthode de Bhattacharya (1967) chez *S. pilchardus* des côtes de LEA.

Age (ans)	Population totale (♀+♂+I)			Femelles (♀)			Mâles (♂)		
	$L_{t_{obs}}$	$L_{t_{théo}}$	$AA_{théo}$	$L_{t_{obs}}$	$L_{t_{théo}}$	$AA_{théo}$	$L_{t_{obs}}$	$L_{t_{théo}}$	$A_{théo}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11,96	17,26	17,26	12,81	15,53	15,53	12,34	15,66	15,66
2	15,05	18,44	1,17	15,47	16,73	1,19	14,97	17,11	1,45
3	19,61	19,14	0,70	17,13	17,53	0,80	17,5	17,86	0,74

**Annexe 10.** Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez la population totale de *S. pilchardus* des côtes LEA, (N = 2266). =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Mois	N	r	Equations de régression	Relations d'allométrie	$t_{obs}$ et types d'allométrie	Valeurs linéaires (cm) et pondérales (g) limites
J	189	0,95	Pe = 3,26Lt - 2,44	Pe = 0,005Lt <sup>3,26</sup>	3,81 (+)	8,9 ≤ Lt ≤ 18,9 4,18 ≤ Pe ≤ 39,9 g
A	144	0,95	Pe = 3,54Lt - 2,74	Pe = 0,002Lt <sup>3,54</sup>	6,50 (+)	8,8 ≤ Lt ≤ 13,2 3,48 ≤ Pe ≤ 15,58
S	196	0,96	Pe = 3,28Lt - 2,47	Pe = 0,003,0Lt <sup>3,28</sup>	4,69 (+)	9,8 ≤ Lt ≤ 18 6,06 ≤ Pe ≤ 49,68
O	408	0,85	Pe = 3,35Lt - 1,03	Pe = 0,008Lt <sup>3,35</sup>	4,48 (+)	9,8 ≤ Lt ≤ 19,2 6,98 ≤ Pe ≤ 52,1
N	542	0,95	Pe = 2,84Lt - 2,12	Pe = 0,009Lt <sup>2,84</sup>	1,98 (-)	9,4 ≤ Lt ≤ 18,7 4,26 ≤ Pe ≤ 40,35
D	87	0,96	Pe = 3,22Lt - 2,43	Pe = 0,004Lt <sup>3,22</sup>	2,48 (+)	11,5 ≤ Lt ≤ 17 9,64 ≤ Pe ≤ 35,2
J	107	0,97	Pe = 2,92Lt - 2,08	Pe = 0,009Lt <sup>2,92</sup>	1,08 (=)	10,5 ≤ Lt ≤ 17 7,77 ≤ Pe ≤ 33,77
F	108	0,86	Pe = 3,16Lt - 2,36	Pe = 0,015Lt <sup>3,16</sup>	1,08 (=)	13 ≤ Lt ≤ 17,8 13,01 ≤ Pe ≤ 39,13
M	114	0,91	Pe = 3,17Lt - 2,38	Pe = 0,008Lt <sup>3,17</sup>	1,44 (=)	11,5 ≤ Lt ≤ 16 9,92 ≤ Pe ≤ 25,19
A	111	0,64	Pe = 3,13Lt - 2,33	Pe = 0,022Lt <sup>3,13</sup>	0,56 (=)	12 ≤ Lt ≤ 17,2 11,03 ≤ Pe ≤ 29,14
M	107	0,72	Pe = 3,22Lt - 2,41	Pe = 0,041Lt <sup>3,22</sup>	1,07 (=)	11,5 ≤ Lt ≤ 16,5 10,32 ≤ Pe ≤ 32,94
J	123	0,90	Pe = 3,20Lt - 2,37	Pe = 0,089Lt <sup>3,20</sup>	1,67 (=)	11 ≤ Lt ≤ 16 7,83 ≤ Pe ≤ 30,23
Total	2266	0,97	Pe = 3,1Lt - 2,33	Pe = 0,007Lt <sup>3,1</sup>	5,52 (+)	8,5 ≤ Lt ≤ 19 4,16 ≤ Pe ≤ 49,45

**Annexe 11.** Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez les femelles de *S. pilchardus* de LEA, (N = 1074). =: isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Mois	N	r	Equations de régression	Relations d'allométrie	$t_{obs}$ et types d'allométrie	Valeurs linéaires (cm) et pondérales (g) limites
J	79	0,91	Pe = 3,61Lt - 2,84	Pe = 0,003Lt <sup>3,61</sup>	4,04(+)	10,6 ≤ Lt ≤ 15,6 6,46 ≤ Pe ≤ 28,39 g
A	19	0,97	Pe = 3,59Lt - 2,80	Pe = 0,001Lt <sup>3,59</sup>	3,26 (+)	9 ≤ Lt ≤ 12,8 4,35 ≤ Pe ≤ 15,28
S	107	0,96	Pe = 3,32Lt - 2,51	Pe = 0,0030Lt <sup>3,32</sup>	3,82 (+)	10,5 ≤ Lt ≤ 18 8,05 ≤ Pe ≤ 49,68
O	243	0,83	Pe = 3,32Lt - 2,53	Pe = 0,010Lt <sup>3,30</sup>	2,70 (+)	9,8 ≤ Lt ≤ 17,5 7,55 ≤ Pe ≤ 41,51
N	242	0,95	Pe = 2,95Lt - 2,14	Pe = 0,009Lt <sup>2,95</sup>	0,89 (=)	9,4 ≤ Lt ≤ 18,7 6,21 ≤ Pe ≤ 40,35
D	30	0,96	Pe = 3,24Lt - 2,46	Pe = 0,004Lt <sup>3,24</sup>	1,68 (+)	12 ≤ Lt ≤ 17 9,64 ≤ Pe ≤ 32,93
J	67	0,97	Pe = 2,84Lt - 1,98	Pe = 0,011Lt <sup>2,84</sup>	1,76 (-)	11,1 ≤ Lt ≤ 17 9,47 ≤ Pe ≤ 33,77
F	58	0,89	Pe = 3,07Lt - 2,27	Pe = 0,014Lt <sup>3,07</sup>	0,44 (+)	13,5 ≤ Lt ≤ 17,8 13,88 ≤ Pe ≤ 39,13
M	72	0,93	Pe = 3,20Lt - 2,41	Pe = 0,0006Lt <sup>3,20</sup>	1,53 (+)	11,5 ≤ Lt ≤ 16 9,92 ≤ Pe ≤ 25,19
A	56	0,63	Pe = 2,46Lt - 1,53	Pe = 0,316Lt <sup>2,46</sup>	1,86 (-)	13,6 ≤ Lt ≤ 17,2 18,23 ≤ Pe ≤ 29,14
M	50	0,86	Pe = 3,34Lt - 2,55	Pe = 0,007Lt <sup>3</sup>	1,53 (+)	12,2 ≤ Lt ≤ 16,5 11,55 ≤ Pe ≤ 32,94
J	51	0,76	Pe = 3,18Lt - 2,35	Pe = 0,038Lt <sup>3,18</sup>	1,67 (+)	11,5 ≤ Lt ≤ 16 10,09 ≤ Pe ≤ 30,23
Total	1074	0,91	Pe = 3,23Lt - 2,44	Pe = 0,006Lt <sup>3,23</sup>	6,08 (+)	9 ≤ Lt ≤ 18,7 4,35 ≤ Pe ≤ 49,68

**Annexe 12.** Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez les mâles de *S.pilchardus* de LEA, (N = 855). = : isométrie, -: allométrie minorante, +: allométrie majorante.

Mois	N	r	Equations de régression	Relations d'allométrie	t <sub>obs</sub> et types d'allométrie	Valeurs linéaires (cm) et pondérales (g) limites
J	24	0,91	Pe = 2,95Lt - 2,10	Pe = 0,001Lt <sup>2,95</sup>	0,17 (-)	11 ≤ Lt ≤ 18,9 cm 9,2 ≤ Pe ≤ 39,2
A	5	0,95	Pe = 4,11Lt - 3,36	Pe = 0,005Lt <sup>4,11</sup>	3,71 (=)	9 ≤ Lt ≤ 12 3,48 ≤ Pe ≤ 11,58
S	74	0,95	Pe = 3,28Lt - 0,39	Pe = 0,004Lt <sup>3,28</sup>	2,51 (+)	10,5 ≤ Lt ≤ 17 7,46 ≤ Pe ≤ 34,31
O	162	0,92	Pe = 3,51Lt - 2,76	Pe = 0,003Lt <sup>3,51</sup>	5,23 (+)	10,5 ≤ Lt ≤ 16,9 7,22 ≤ Pe ≤ 36,98
N	292	0,95	Pe = 2,90Lt - 2,10	Pe = 0,009Lt <sup>2,90</sup>	1,90 (-)	10 ≤ Lt ≤ 17,5 4,26 ≤ Pe ≤ 35,38
D	55	0,96	Pe = 3,21Lt - 2,43	Pe = 0,004Lt <sup>3,21</sup>	1,82 (+)	11,5 ≤ Lt ≤ 17 9,88 ≤ Pe ≤ 35,2
J	39	0,97	Pe = 2,82Lt - 1,97	Pe = 0,012Lt <sup>2,82</sup>	1,61 (-)	10,5 ≤ Lt ≤ 16 8,01 ≤ Pe ≤ 26,56
F	46	0,74	Pe = 3,17Lt - 2,37	Pe = 0,015Lt <sup>3,17</sup>	0,55 (+)	13 ≤ Lt ≤ 16,4 13,01 ≤ Pe ≤ 29,61
M	32	0,86	Pe = 2,99Lt - 2,18	Pe = 0,017Lt <sup>2,18</sup>	0,22 (-)	12 ≤ Lt ≤ 16 10,88 ≤ Pe ≤ 24,68
A	50	0,49	Pe = 3,30Lt - 2,53	Pe = 0,33Lt <sup>3,30</sup>	0,76 (+)	12 ≤ Lt ≤ 17 11,03 ≤ Pe ≤ 27,51
M	52	0,38	Pe = 3,14Lt - 2,32	Pe = 0,98Lt <sup>3,14</sup>	0,35 (+)	12 ≤ Lt ≤ 16 11,03 ≤ Pe ≤ 28,53
J	24	0,85	Pe = 2,93Lt - 2,06	Pe = 0,022Lt <sup>2,93</sup>	1,18 (-)	12 ≤ Lt ≤ 15,5 12,9 ≤ Pe ≤ 25
Total	855	0,91	Pe = 1,09Lt - 0,017	Pe = 0,007Lt <sup>1,09</sup>	19,81 (-)	9 ≤ Lt ≤ 18,9 3,48 ≤ Pe ≤ 39,62

**Annexe 13.** Croissances pondérales théoriques (Pe<sub>théo</sub>) et accroissements annuels théoriques (AA<sub>théo</sub>) chez la population totale, femelles, mâles, de *S. pilchardus* des côtes de LEA.

Age (ans)	Population totale (♀+♂+I)		Femelles (♀)		Mâles (♂)	
	Pe <sub>théo</sub>	AA <sub>théo</sub>	Pe <sub>théo</sub>	AA <sub>théo</sub>	Pe <sub>théo</sub>	AA <sub>théo</sub>
0	0	0	0	0	0	0
1	36.54	36.54	42.29	42.29	24.09	24.09
2	44.88	8.34	53.72	11.43	31.33	7.24
3	50.47	5.58	62.47	8.75	35.54	4.21

**Annexe 14.** Variations saisonnières de la sex-ratio chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA, N: effectif; %: fréquence; \*: valeur significative au seuil de α = 0,05.

Saisons	Femelles		Mâles		Immatures		Total	Sex-ratio	χ <sup>2</sup> <sub>obs</sub>
	N	%	N	%	N	%			
Eté	149	32.74	52	11.42	254	55.82	455	2.86	46.8*
Automne	592	50.42	528	44.97	54	4.59	1174	1.12	3.65*
Hiver	153	51.17	141	47.15	5	1.67	299	1.08	0.48
Printemps	178	52.81	134	39.76	25	7.41	337	1.32	6.20*

**Annexe 15.** Variations mensuelles de la sex-ratio chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA, N: effectif; %: fréquence; \*: valeur significative au seuil de  $\alpha = 0,05$ .

Mois	Mâles		Femelles		Immatures		Total	SR	$\chi^2_{obs}$
	N	%	N	%	N	%			
Juillet	24	12.69	79	41.79	86	45.50	189	3.29	29.36*
Août	4	2.79	19	13.28	120	83.91	143	4.75	9.78
Septembre	74	37.37	107	54.04	17	8.58	198	1.44	6.01*
Octobre	162	37.32	243	55.99	29	6.68	434	1.5	16.2*
Novembre	292	53.87	242	44.64	8	1.47	542	0.82	4.68*
Décembre	55	63.21	30	34.48	2	2.29	87	0.54	7.35*
Janvier	39	36.44	67	62.61	1	0.93	107	1.71	7.39*
Février	47	44.76	56	53.33	2	1.90	105	1.19	0.78
Mars	32	28.31	72	63.71	9	7.96	113	2.25	15.38*
Avril	50	42.73	56	47.86	11	9.40	117	1.12	0.33
Mai	52	48.59	50	46.72	5	4.67	107	0.96	0.03
Juin	24	19.51	51	41.46	48	39.02	123	2.12	9.72*

**Annexe 16.** Variations de la sex-ratio en fonction de la taille chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA; (♀: femelles; ♂: mâles; SR: sex-ratio; \*: valeur significative).

Classes de tailles (cm)	% ♀	% ♂	SR	$\chi^2_{obs}$
[8-9[	0	0	-	-
[9-10[	6	1	6	3.57*
[10-11[	6	5	1.2	0.09
[11-12[	38	13	2.92	12.25*
[12-13[	43	32	1.34	1.61
[13-14[	74	66	1.12	0.45
[14-15[	201	158	1.27	5.15*
[15-16[	159	115	1.38	7.06*
[16-17[	41	22	1.86	5.73*
[17-18[	14	4	3.5	5.55*
[18-19[	3	1	3	-

**Annexe 17.** Variations mensuelles du RGS chez les femelles et les mâles de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA; M: moyenne, E: écart-type.

Mois	Femelles		Mâles	
	M	E	M	E
Juillet	0.43	0.25	0.19	0.11
Aout	0.33	0.17	0.42	0.29
Septembre	0.36	0.12	0.29	0.3
Octobre	1.58	0.98	1.08	0.79
Novembre	2.1	1.49	1.86	1.07
Décembre	3.76	2	4.19	1.68
Janvier	5.71	1.73	4.75	1.4
Février	2.91	2.27	3.08	2.1
Mars	0.86	0.99	1.08	0.83
Avril	0.6	0.72	0.36	0.32
Mai	0.44	0.22	0.25	0.17
Juin	0.36	0.18	0.2	0.14

**Annexe 18.** Variations mensuelles du RHS chez les femelles et les mâles de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA; M: moyenne, E: écart-type.

Mois	Femelles		Mâles	
	M	E	M	E
Juillet	0.55	0.22	0.66	0.26
Aout	0.63	0.13	0.54	0.22
Septembre	0.75	0.23	0.75	0.34
Octobre	0.56	0.21	0.58	0.56
Novembre	0.66	0.27	0.54	0.24
Décembre	0.61	0.32	0.52	0.21
Janvier	1.67	0.67	1.17	0.68
Février	1.33	0.52	1.28	0.54
Mars	0.99	0.41	0.93	0.29
Avril	0.89	0.39	0.85	0.86
Mai	1.03	0.35	0.84	0.29
Juin	0.72	0.33	0.64	0.22

**Annexe 19.** Variations mensuelles de l'adiposité chez les femelles et les mâles de *S. pilchardus* pêchés dans les eaux du LEA; M: moyenne, E: écart-type.

Mois	Femelles		Mâles	
	M	E	M	E
Juillet	1.62	0.94	2.29	0.85
Aout	0.52	0.61	0.55	0.5
Septembre	1.49	0.91	1.89	0.83
Octobre	1.18	0.63	1.11	0.65
Novembre	0.69	0.614	0.95	0.71
Décembre	0	0	0	0
Janvier	0	0	0	0
Février	0.63	0.61	0.73	0.58
Mars	0.8	0.46	0.75	0.43
Avril	1.53	0.8	1	0.6
Mai	1.86	0.49	1.86	0.48
Juin	2.39	0.66	1.72	0.86

**Annexe 20.** Variations mensuelles de Coefficient de condition K chez les femelles et les mâles de *S. pilchardus* pêchés dans les eaux du LEA; M : moyenne, E: écart-type.

Mois	Femelles		Mâles	
	M	E	M	E
Juillet	0.44	0.01	0.36	0.05
Aout	0.22	0.01	0.30	0.01
Septembre	0.46	0	0.42	0.01
Octobre	0.25	0.10	0.26	0.08
Novembre	0.90	0.08	0.82	0.08
Décembre	0.40	0.03	0.36	0.02
Janvier	0.70	0.06	0.52	0.04
Février	0.45	0.04	0.41	0.04
Mars	0.56	0.03	0.41	0.03
Avril	0.93	0.14	0.75	0.07
Mai	0.64	0.03	0.38	0.05
Juin	0.42	0.03	0.40	0.05

**Annexe 21.** Fécondités absolue et relative chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA (Lt: longueur totale; Pt: poids total; Pe: poids éviscéré; Pg: poids des gonades; Fa: fécondité absolue).

Lt (cm)	Pt (g)	Pe (g)	Pg (g)	Fa (œufs)	Fécondité relative (œufs/ g)
13,6	21,44	18,91	0,77	2579	136
14,4	23,60	19,86	1,49	7400	372
15,7	29,57	25,21	1,58	6307	250
12,2	14,62	12,86	0,77	4704	365
14,5	23,62	20,25	1,46	6257	308
13,5	19,44	16,57	1,02	7138	430
16	28,89	26,01	1,21	6810	261
13,4	18,62	16,26	1,06	3964	243
16,5	34,8	30,17	1,5	8601	225
13,9	21,41	17,88	1,07	4527	253
14	22,85	19,86	0,97	4208	211
15	26,26	22,70	1,39	5256	231
15,7	32,67	28,05	2,57	17195	613
16	33,41	29,50	1,82	6265	212
13,5	19,61	17,23	0,58	2572	149
16,5	34,21	30,87	1,39	9783	316
15	25,99	22,93	1,26	15403	671
16,5	34,98	31,14	1,57	15380	493
14,5	23,78	20,18	1,14	7230	358
14,4	22,3	19,7	0,91	7867	399

**Annexe 22.** Evolutions mensuelles du coefficient de vacuité digestive (Cv %) chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Mois	Nombre total	Nombre d'individus vides	Cv
Juillet	26	9	34,61
Août	23	5	21,73
Septembre	27	0	0
Octobre	24	0	0
Novembre	23	0	0
Décembre	27	0	0
Janvier	13	0	0
Février	21	2	9,52
Mars	23	2	8,69
Avril	24	2	8,33
Mai	23	2	8,59
Juin	27	10	37,03
Total	281	32	11,38

**Annexe 23.** Evolutions saisonnières du coefficient de vacuité digestive (Cv %) chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Saison	Nombre total	Nombre d'individus vides	Cv
Été	76	24	31,57
Automne	74	0	0
Hiver	61	2	3,27
Printemps	70	6	8,57

**Annexe 24.** Composition mensuelle de l'alimentation chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA (**Dinof**: Dinoflagellates, **Cn**: Cnidarian, **Cla**: Cladocera, **Ost**: Ostracoda, **Copd**: Copepoda, **Décpd**: Décapoda, **Mollu**: Mollusca, **Mys**: Mysida, **Amph**: Amphipoda, **Ver**: Vertebrata).

Taxon	Dinof	Cn	Cla	Ost	Copd	Décpd	Mollu	Mys	Amph	Ver
J	0	0	0	1.06	4.27	0.35	0	0	0	1.06
A	0.35	0.35	0	1.06	2.84	0.35	0.35	0	0	1.42
S	0	0	0	1.06	4.27	0.35	0	0	0	0.71
O	0.71	0	0.35	0.71	1.77	0.35	0.35	0.35	0	1.06
N	0	0	0	0.71	2.13	0.35	0.35	0	0	0.71
D	0.35	0.35	0	0.71	2.49	0	0	0	0	1.06
J	0.35	0	0	1.06	4.27	0.35	0.35	0	0	1.06
F	0.35	0	0	0.71	5.33	0	0	0	1.06	1.06
M	1.06	0	0.35	0.71	9.60	0.35	0.71	0.35	0.711	1.42
A	1.06	0	0.71	0	6.40	0	0.71	0	0.35	0.71
M	0.71	0	0.355	0.71	5.339	0.35	0.35	0	0.35	0.71
J	1.06	0	0	0	3.91	0	0	0	0	0

**Annexe 25.** Composition saisonnières de l'alimentation chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Taxon	Été	Automne	Hiver	Printemps
<b>Dinoflagellates</b>	1.42	0.71	1.06	2.84
<b>Cnidarian</b>	0.35	0	0.35	0
<b>Cladocera</b>	0	0.35	0	1.42
<b>Ostracoda</b>	2.13	2.49	2.49	1.42
<b>Copepoda</b>	11.03	8.18	12.09	21.35
<b>Décapoda</b>	0.71	1.06	0.35	0.71
<b>Mollusca</b>	0.35	0.71	0.35	1.77
<b>Mysida</b>	0	0.35	0	0.35
<b>Amphipoda</b>	0	0	1.06	1.42
<b>Vertebrata</b>	2.49	2.49	3.20	2.84

**Annexe 26.** Composition Global de l'alimentation (Des Copépodes) chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Espèce (Copépodes)	F%
<i>Copepode ND</i>	655.60
<i>Paracalanus sp</i>	91.94
<i>Temor stylifera</i>	79.72
<i>Oncaea sp</i>	78.30
<i>Centropages sp</i>	69.47
<i>Corycaeus sp</i>	61.66
<i>Oncaea media</i>	59.24
<i>Clanus sp</i>	35.86
<i>Acaratia sp</i>	21.29
<i>Faranula rostrata</i>	12.5
<i>Calocalanus sp</i>	10.81
<i>Oncaea mediterranea</i>	9.95
<i>Candacia sp</i>	8.33
<i>Sapphirina opalin</i>	5.26

**Annexe 27.** Composition mensuelle de l'alimentation (copépodes) chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du LEA.

Espèce	Mois											
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
<i>Acaratia sp</i>	8.33	0	0	0	0	0	0	0	7.40	5.55	0	0
<i>Candacia sp</i>	8.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calocalanus sp</i>	0	0	0	0	0	0	5.26	0	0	5.55	0	0
<i>Centropages sp</i>	0	0	16.66	0	0	14.28	0	0	18.51	0	20	0
<i>Corycaeus sp</i>	0	0	25	0	0	0	0	0	0	16.66	20	0
<i>Clanus sp</i>	0	0	0	0	0	0	21.05	0	14.81	0	0	0
<i>Faranula rostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	0	0
<i>Oncaea mediterranea</i>	0	0	0	0	0	0	0	6.25	3.70	0	0	0
<i>Oncaea media</i>	0	0	0	0	0	0	0	6.25	3.70	11.11	20	18.18
<i>Oncaea sp</i>	0	0	0	0	0	14.28	0	12.5	11.11	22.22	0	18.18
<i>Paracalanus sp</i>	0	0	16.66	0	0	0	15.78	18.75	18.51	22.22	0	0
<i>Temor stylifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	18.75	14.81	5.55	13.33	27.27
<i>Sapphirina opalin</i>	0	0	0	0	0	0	5.26	0	0	0	0	0
<i>Copepode ND</i>	83.33	100	41.66	100	100	71.42	52.63	25	7.40	11.11	26.66	36.36

## Annexe 28. Communications.

N°	Titre
1	Bouhali F. Z. et Djebar A. B. (2011) «Quelques aspects de la biologie de reproduction chez la sardine <i>Sardina pilchardus</i> (walbaum, 1792) des côtes de l'est Algérien». Treizièmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer et la 2 <sup>ème</sup> Rencontre Tuniso-Française d'Ichtyologie. Mahdia, Tunisie du 26-29 Novembre.
2	Bouhali F. Z., Ladaimia S., Diaf A., Benchik N., et Djebar A B. (2012) «Reproduction et régime alimentaire chez la sardine <i>Sardina pilchardus</i> (walbaum, 1792) des côtes de l'est Algérien». Les 14 <sup>èmes</sup> journées Tunisiennes des Sciences de la Mer Sousse, Tunisie 15 - 18 décembre.
3	Bouhali F. Z., Ladaimia S., Diaf A., Benchik N., Djebar A. B. (2013) «La sex-ratio, la période de ponte et la taille à la première maturité sexuelle chez la sardine <i>Sardina pilchardus</i> (walbaum, 1792) des côtes de l'est Algérien». 40 <sup>ème</sup> Congrès de la CIESM, Marseille du 28 octobre au 1 novembre.
4	Bouhali F. Z., Ladaimia S., Diaf A., Benchikh N., et Djebar A.B. (2013) «Etude de la dynamique de croissance et dimorphisme sexuelle chez la sardine <i>Sardina pilchardus</i> des côtes est Algérien», XXIII <sup>èmes</sup> journées nationales de la biologie de la SSNT Hammamet, Tunisie du 14- 17 décembre.
5	Bouhali F. Z., Ladaimia S., Benchik N., Diaf A., et Djebar A. B. (2014) «Fécondité et histologie des gonades de la sardine <i>sardina pilchardus</i> (walbaum, 1792) des côtes de l'est algérien». L'IX <sup>ème</sup> Congrès Maghrébin des Sciences de la Mer. Sousse, Tunisie du 21-24 décembre.



SFI

الأيام التونسية الثالثة عشر لعلوم البحار  
و الملتقى التونسي الفرنسي الثاني لعلوم الأسماك

13<sup>èmes</sup> Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer  
& 2<sup>èmes</sup> Rencontre Tuniso-Française d'Ichtyologie

Hôtel Riu El Mansour –Mahdia 26-29 novembre 2011



A T S Mer

## ATTESTATION

Le Président de l'Association Tunisienne des Sciences de la Mer, atteste que Mme/Mlle/M. **Fatima Zohra BOUHALI**, a participé aux Treizièmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer et à la Deuxième Rencontre Tuniso-Française d'Ichtyologie, organisées à Mahdia (TUNISIE) du 26 au 29 Novembre 2011.

L'intéressé (e) a présenté une communication (affichée) intitulée : **Quelques aspects de la biologie de reproduction chez la sardine *Sardina pilchardus* (walbaum, 1792) des côtes de l'est Algérien**

**Auteurs :** BOUHALI FATIMA ZOHRA & DJEBAR ABDALLAH BORHANE

La présente attestation est délivrée à l'intéressé (e) pour servir et faire valoir ce que de droit.

Le Président de  
L'Association Tunisienne des  
Sciences de la Mer

Pr. Mohamed Mejdeddine KRAIEM



Association Tunisienne  
des Sciences de la Mer



الجمعية التونسية  
لعلوم البحار

14<sup>ème</sup> Journées Tunisiennes des Sciences de la mer  
Hôtel Tej Marhaba - Sousse  
15 - 18 décembre 2012

الأيام التونسية الرابعة عشر لعلوم البحار  
نزل تاج مرجحبا - سوسة  
15 - 18 ديسمبر 2012

### ATTESTATION

Le Président de l'Association Tunisienne des Sciences de la Mer, atteste que Mme/Mlle/M, **BOUHALI FATMA ZOHRA** a participé aux Quatorzièmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer organisées à Sousse (TUNISIE) du 15 au 18 Décembre 2012.

L'intéressé(e) a présenté une communication (Poster) intitulée: «**Reproduction et régime alimentaire chez la sardine *Sardina pilchardus* (walbaum, 1792) des côtes de l'est Algérien**»

Auteurs: Fatima Zohra BOUHALI, Souâd LADAIMIA, Assia DIAF, Nadira BENCHIK et Abdallah Borhane DJEBAR

. La présente attestation est délivrée à l'intéressé(e) pour servir et faire valoir ce que de droit.

Le Président de  
L'Association Tunisienne des  
Sciences de la Mer  
Pr /MohamedMejdeddine KRAIEM





COMMISSION INTERNATIONALE  
POUR L'EXPLORATION SCIENTIFIQUE  
DE LA MER MEDITERRANEE

**40ème Congrès de la CIESM**

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

Nous attestons que

**Fatima Zohra BOUHALI**  
Université Badji-Mokhtar, Algérie.  
Laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et littoraux,

Annaba  
Algeria

a participé au 40ème Congrès de la CIESM, qui s'est tenu à Marseille du 28 octobre au 1 novembre 2013 et il /elle a  
présenté l'article(s) intitulé(s):

"

Sex-ratio, ponte et taille à la première maturité sexuelle chez *Sardina pilchardus* (walbaum, 1792) des côtes est algériennes.

"

Marseille, 1 Novembre 2013



Prof. Frédéric Briand  
Directeur Général, CIESM

CIESM 16, bd de Suisse MC 98000 MONACO Téléphone : +377 93 30 38 79  
Fax : +377 92 16 11 95 email : [ciesm@ciesm.org](mailto:ciesm@ciesm.org)

**SOCIÉTÉ DES SCIENCES  
NATURELLES DE  
TUNISIE (SSNT)**

- Siège Social :  
Faculté des Sciences de Tunis  
2092 - El Manar II Tunis - Tunisie  
- C.C.B. (RIB) :  
12103000450500022145  
UIB Agence Essaâdi  
- Identifiant : 832326229  
- Tél. : 00 216 71 882 200  
- Fax : 00 216 71 885 480  
- E-mail : ssnt2006@gmail.com



**الجمعية التونسية  
للعلوم الطبيعية**

المقر الاجتماعي :  
كلية العلوم بتونس - المنارة II تونس  
الهاتف : 00 216 71 882 200  
الفاكس : 00 216 71 885 480  
المعرف : 832326229

*XXIII<sup>èmes</sup> Journées Nationales de Biologie de la SSNT*  
Du 14 au 17 Décembre 2013 à EL MOURADI-Hammamet, Tunisie

**ATTESTATION**

**NOM DE FAMILLE :** BOUHALI

**Prénom :** Fatima Zohra

**Institution :** Université Badji Mokhtar Annaba ALGERIE

A présenté une communication par affiche intitulée :

**ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE CROISSANCE ET  
DIMORPHISME SEXUEL CHEZ LA SARDINE *SARDINA  
PILCHARDUS* (WALBAUM, 1792) DES COTES EST  
ALGERIENNES**

**AUX XXIII<sup>èmes</sup> JOURNEES  
NATIONALES DE BIOLOGIE DE LA SSNT**

Cette attestation est délivrée à l'intéressé (e) pour servir et valoir ce que de droit.

Tunis le 17 Décembre 2013

**Le Président de la SSNT**

**Pr. Sadok BOUZID**



Association Tunisienne  
des Sciences de la Mer



الجمعية التونسية  
لعلوم البحار

## ATTESTATION

Le Président de l'Association Tunisienne des Sciences de la Mer, atteste que Mme/Mlle/Mr, **Bouhali F.Z.**, a participé aux IXème Congrès Maghrébin des sciences de la mer organisée à Sousse (TUNISIE) du 21-24 décembre 2014.

L'intéressé(e) a présenté une communication (Poster) intitulée : «**Fécondité et histologie des gonades de la sardine *sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes de l'est algérien**».

Auteurs: Bouhali F.Z., Ladaimia S., Benchikh N., Diaf A. et Djebar A.B.

La présente attestation est délivrée à l'intéressé(e) pour servir et faire valoir ce que de droit.

Le Président de  
L'Association Tunisienne des  
Sciences de la Mer  
Pr Mohamed Mejdeddine KRAIEM

## Annexe 29. Article 1.

Reproduction et maturation des gonades de *Sardina pilchardus* dans le golfe d'Annaba (Nord-Est algérien)

by

Fatima Zohra BOUHALI (1), Shahnaz LECHEKHAB\* (1, 2), Souad LADAIMIA (1),  
Assia BEDAIRIA (1), Rachid AMARA (3) & Abdallah Borhane DJEBAR (1)© SFI  
Received: 19 Jul. 2013  
Accepted: 16 Apr. 2015  
Editor: K. Rousseau

**Résumé.** – La reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) a été étudiée entre juillet 2011 et juin 2012 dans le golfe d'Annaba (Nord-Est algérien). Le sex-ratio était globalement en faveur des femelles (1,26 : 1 ;  $\chi^2 = 25,77$ ). Sur un total de 2 266 spécimens échantillonnés, 1 076 étaient des femelles (47,48%), 853 des mâles (37,64%) et 337 des immatures (14,88%). Les immatures étaient mieux représentés dans les petites classes de taille, comprises entre 9 et 11 cm. Le suivi mensuel du rapport gonadosomatique (RGS) et les examens macroscopique et microscopique des gonades ont montré que la période de reproduction de cette espèce se situait entre octobre et mars. Le coefficient de condition présentait deux pics, l'un en novembre et l'autre en avril. La taille à la première maturité sexuelle chez les mâles et les femelles était de 11,5 cm et 11,28 cm, respectivement. La fécondité absolue moyenne des femelles a été estimée à  $7\,382 \pm 4\,122$  œufs. La fécondité relative moyenne globale des femelles était de  $325,37 \pm 142,48$  œufs/g. Des relations linéaires entre la fécondité absolue et la longueur totale, le poids total, le poids somatique, ou le poids des ovaires ont été observées, cette dernière présentant une forte corrélation ( $r = 0,73$ ).

**Abstract.** – Reproduction and maturation of the gonads of *Sardina pilchardus* from the Gulf of Annaba (North-Eastern Algeria).

The reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) was studied between July 2011 and June 2012 in the Gulf of Annaba (North-Eastern Algeria). The sex ratio was in favour of females (1.26:1;  $\chi^2 = 25.77$ ). Among the 2,266 sampled fish, 1,076 were females (47.48%), 853 were males (37.64%) and 337 were immature (14.88%). Immature fish were better represented numerically in the small size class, between 9 and 11 cm. Monthly variations of the gonadosomatic index (GSI) and macroscopic and microscopic examinations of the gonads showed that the reproductive period of *S. pilchardus* occurred between October and March. The hepatosomatic index (RSI), adiposity and condition factor (K) showed variations not related to reproductive cycle. The size at the first sexual maturity was 11.50 cm in males and 11.28 cm in females. The mean absolute fecundity of females was estimated at  $7,382 \pm 4,122$  eggs. In average, the overall relative fecundity of females was  $325,37 \pm 142,48$  eggs/g. Linear relationships between absolute fecundity and total length, total weight, somatic weight, and ovarian weight were observed, this latter being highly correlated ( $r = 0.73$ ).

**Key words**  
Clupeidae  
*Sardina pilchardus*  
Algeria  
Reproduction  
Sex ratio  
Size at first sexual maturity

La reproduction des poissons est l'un des aspects les plus complexes de leur biologie. Comme chez la majorité des vertébrés, c'est un phénomène cyclique dont la périodicité annuelle est souvent influencée par les conditions environnementales qui agissent sur la maturation des gonades, sur le développement des caractères sexuels secondaires et sur le comportement des reproducteurs (De Vlaming, 1974 ; Billard *et al.*, 1978 ; Burns, 1985). Les renseignements concernant la reproduction de *S. pilchardus* du littoral Est Algérien et ses particularités permettront d'alimenter les modèles d'évaluation des stocks et, par la suite, de prendre les décisions en matière de gestion et de réglementation afin d'assurer la rentabilité et la durabilité de leur exploitation. La présence régulière de la sardine le long des côtes Algériennes a motivé des travaux concernant sa biologie et

notamment sa reproduction (Bouchereau, 1981 ; Mouhoub, 1986 ; Brahmi *et al.*, 1998 ; Bedairia et Djebbar, 2009). Le but de ce travail est de fournir des informations sur la biologie de la reproduction de la sardine en déterminant le sex-ratio, la période de ponte, la taille à la première maturité sexuelle, l'estimation de la fécondité absolue, ainsi que les principales phases morphologiques et histologiques des gonades lors de son cycle sexuel.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Au total, 2 266 *Sardina pilchardus* ont été échantillonnés entre juillet 2011 et juin 2012. Ces spécimens proviennent des débarquements commerciaux sur les ports de pêche

(1) Laboratoire d'écobiologie des milieux marins et littoraux, Département des sciences de la mer, Faculté des sciences, Université Badji-Mokhtar, BP 15, Annaba 23000, Algérie. [fatima.bouhali@yahoo.fr] [assiabedairia@yahoo.fr] [djabarborhane2000@yahoo.fr]

(2) Département de médecine, Faculté de médecine, Université Badji-Mokhtar, BP 15, Annaba 23000, Algérie.

(3) Maison de la recherche en environnement naturel, UMR 8187 CNRS LOG, Avenue Foch, 62930 Wimereux, France. [rachid.amara@univ-littoral.fr]

\* Corresponding author [lechekhshahnaz@yahoo.fr]

Reproduction de *Sardina pilchardus*

BOUHALI ET AL.

d'Annaba et d'El Kala (Nord-Est algérien). Sur chaque spécimen examiné, nous avons mesuré : la longueur totale (Lt), le poids total (Pt), le poids éviscéré (Pév), le poids somatique (poids total – poids des gonades) (Ps), le poids des gonades (Pg), ainsi que le poids du foie (Pf).

**Sex-ratio**

La proportion numérique des sexes est exprimée par le rapport du nombre des femelles sur celui des mâles (sex-ratio ; SR). Cette valeur est suivie par classe de taille.

SR = F/M, avec F = nombre de femelles ; M = nombre de mâles.

**Rapport gonadosomatique (RGS)**

La période de reproduction de *Sardina pilchardus* dans le golfe d'Annaba est déterminée par le suivi mensuel du rapport gonadosomatique (RGS ; Bougis, 1952). Ce rapport est considéré comme un véritable coefficient de maturité sexuelle (Lahaye, 1980).

RGS = Pg / Pév × 100 avec Pg : poids des gonades ; Pév : poids éviscéré du poisson

**Rapport hépatosomatique (RHS)**

L'évolution mensuelle du rapport hépatosomatique (RHS ; Bougis, 1952) est également suivie pour évaluer les variations pondérales du foie au cours du cycle de reproduction, indiquant ainsi son rôle dans le transfert des réserves lipidiques nécessaires au développement des gonades, notamment lors de la vitellogénèse.

RHS = Pf / Pév × 100, avec Pf : poids du foie ; Pév : poids éviscéré du poisson

**Adiposité**

L'estimation de l'adiposité se fait par le suivi des variations de la quantité des graisses mésentériques au cours d'un cycle annuel selon l'échelle de Nikolsky (1963) qui comporte quatre niveaux : unité 0 : pas de graisse ; unité 1 : graisse dans les anses intestinales ; unité 2 : graisse sur tout l'intestin qui reste cependant visible ; unité 3 : l'intestin est dissimulé par d'importants cordons graisseux.

**Coefficient de condition K**

Pour vérifier le rôle éventuel des réserves musculaires dans la gamétogenèse, le coefficient de condition est calculé pour chaque individu (Fulton, 1911) :

$$K = (Pév / Lt^3) \times 100,$$

avec : Pév : masse de l'individu éviscéré ; Lt : longueur totale de l'individu.

**Taille à la première maturité sexuelle**

La taille à la première maturité sexuelle correspond à la longueur pour laquelle 50% des individus sont matures pendant la période de reproduction (Fontana, 1969).

Pour la détermination de cette taille, les individus échantillonnés pendant la période de reproduction ont été répartis par classe de taille de 1 cm. Le pourcentage d'individus matures (stades III, IV et V) est établi pour chaque classe de taille. Les couples taille-pourcentage d'individus matures sont ajustés à une courbe logistique (King, 1995) de type sigmoïde dont la formulation mathématique est la suivante :

$$Pr = 1 / [1 + \exp(-a(L - L_{50})],$$

avec : Pr : proportion des matures ; a : pente ; L : longueur totale ; L<sub>50</sub> : taille à la première maturité sexuelle.

**Fécondité absolue et fécondité relative**

La fécondité absolue déterminée chez les individus mûrs en pré-ponte est exprimée en nombre d'ovules matures d'un lot ayant des diamètres ovocytaires variant de 200 à 400 µm dans 1 g de gonade, multiplié par le poids total des gonades. La fécondité relative est le nombre total d'ovules par poids corporel. La fécondité absolue (Fa) est exprimée en fonction de la longueur totale (LT), le poids des gonades (Pg), le poids total (Pt) et le poids somatique (Ps).

Fa = aL<sup>b</sup>, avec : a et b : constante ; L : soit Lt, Pg, Pt ou Ps

**Examens macroscopiques et microscopiques des gonades**

Pendant un cycle biologique (juillet 2011-juin 2012), le sexe et les stades de maturité sexuelle ont été déterminés macroscopiquement grâce à l'échelle de maturité sexuelle proposée par Pinto et Andreu (1957) et modifiée par Mouchoub (1986), selon la morphologie, la couleur, la transparence et la vascularisation des gonades.

Dans la partie médiane des gonades femelles à différents stades de développement, une section de 2 cm d'épaisseur est prélevée puis fixée dans du Bouin aqueux (Bouin, 1897) pendant 48 h. Les pièces sont déshydratées dans de l'éthanol à pourcentage croissant, puis éclaircies au toluène, et incluses dans la paraffine pour effectuer des coupes de 5 µm, colorées ensuite par l'hémalum-éosine (Martoja et Martoja-Pierson, 1967).

L'observation microscopique de l'évolution ovocytair est effectuée selon la taille des ovocytes, l'homogénéité

Tableau I - Caractérisation de l'échantillon de *Sardina pilchardus* pêché dans le golfe d'Annaba. CA : cycle annuel ; HPR : hors période de reproduction ; IM : immature ; PR : période de reproduction (\*\* P ≤ 0.01, \*\*\* P ≤ 0.001). [Characterization of *S. pilchardus* sampling in the Gulf of Annaba. CA: annual cycle; HPR: non-breeding season; IM: immature; PR: breeding season (\*\* P ≤ 0.01, \*\*\* P ≤ 0.001).]

Sexe		Période		IM	Total	Sex-ratio	χ <sup>2</sup> <sub>obs</sub>
		♀	♂				
CA	Effectif	1076	853	337	2266	1,26	25,77***
	Fréquence (%)	47,48	37,64	14,88	100		
	PR	710	627	52	1389	1,13	5,15**
	HPR	362	228	287	877	1,59	30,34***

BOUHALI ET AL.

Reproduction de *Sardina pilchardus*

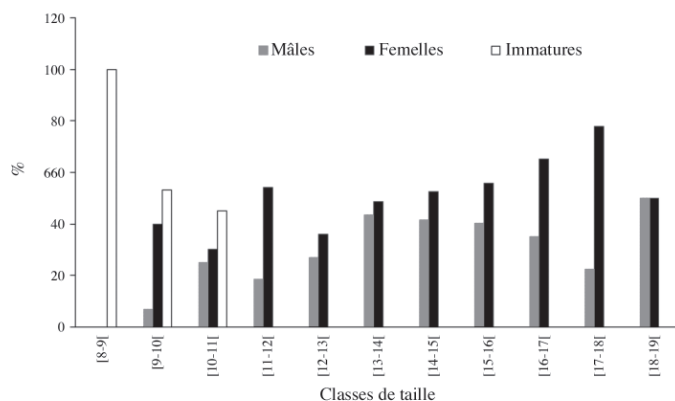


Figure 1. - Répartition des sexes de *Sardina pilchardus* en fonction de la taille. [Sex repartition of *S. pilchardus*, depending on the size.]

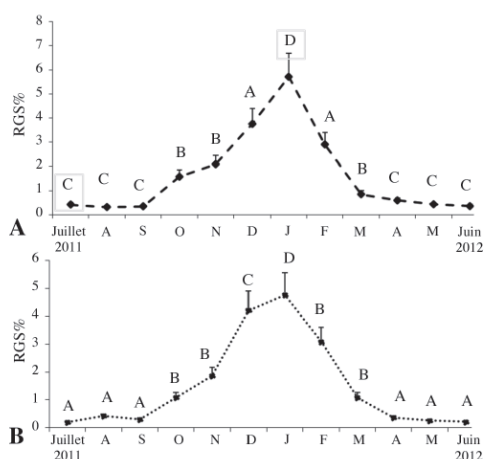


Figure 2. - Variation mensuelle du RGS chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de *Sardina pilchardus*. Les lettres A, B, C et D indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques. Moyennes  $\pm$  écarts-types de la moyenne. [Monthly change of GSI in females (A) and in males (B). Different letters indicate significant differences between the monthly means and the groups of identical means. Means  $\pm$  SEM.]

cytoplasmique, la quantité et la distribution des inclusions lipidiques et protéiques, notamment les globules vitellins (Mellinger, 2002). Ainsi, différentes phases ovocytaires sont identifiées suivant la classification de Le Duff (1997).

**Statistiques**

Des analyses statistiques ont été réalisées pour tester les hypothèses nulles des différences observées entre variables estimées (proportion des mâles et femelles) par le test de khi-deux ( $\chi^2$ ) (Dagnelie, 1975). L'hypothèse nulle est rejete

tée au niveau de signification  $\alpha$  lorsque  $\chi^2_{obs}$  est supérieur ou égal à la valeur théorique ( $\chi^2_{1-\alpha}$ ) de la distribution du ( $\chi^2$ ) à la valeur 1 degré de liberté. Ce test n'est valable que pour des effectifs mâles ou femelles supérieurs à 5.

Les tests de l'ANOVA et Newman-Keuls ont été utilisés pour comparer les valeurs moyennes du RGS, RHS, adiposité et le K.

**RÉSULTATS**

**Sex-ratio**

Les 2266 spécimens de l'étude étaient répartis en 1076 femelles (47,48%), 853 mâles (37,64%) et 337 immatures (14,88%). Le sex-ratio global (SR) déterminé lors du cycle annuel est de 1,26:1 ( $\chi^2 = 25,77$  ;  $P \leq 0,001$ ). Il est constamment en faveur des femelles pendant toute la période d'échantillonnage, notamment au cours du cycle sexuel annuel (entre juillet 2011 et juin 2012) (Tab. I).

**Répartition des sexes par classe de taille**

La répartition des sexes (mâles, femelles et immatures) en fonction de la taille a été effectuée en regroupant les spécimens en classe de taille de 1 cm d'intervalle allant de 8 à 19 cm. L'évolution des sexes en fonction de la taille des poissons montre que les immatures sont bien représentés dans les petites classes de tailles [8-11 cm], les femelles dominant dans les classes de tailles entre [11-13 cm] et [16-18 cm], alors que dans les classes de tailles [13-16 cm] et [18-19 cm], la distribution des spécimens est équilibrée entre les femelles et les mâles (Fig. 1).

**Période de reproduction**

La variation mensuelle du rapport gonadosomatique (RGS) montre une phase ascendante d'octobre à janvier, attei-

Reproduction de *Sardina pilchardus*

BOUHALI ET AL.

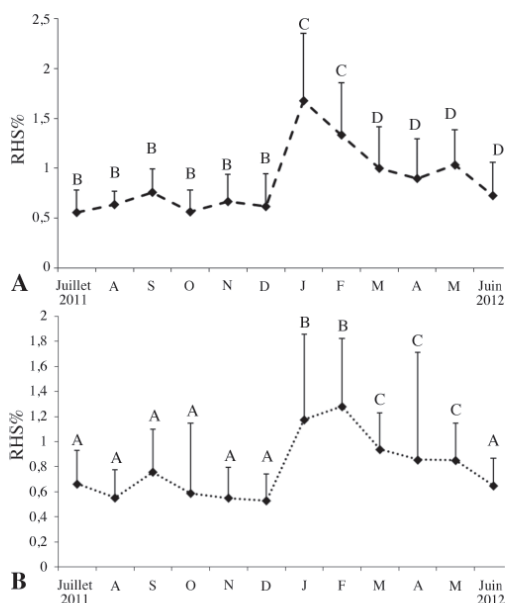


Figure 3. - Variation mensuelle du RHS chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de *Sardina pilchardus*. Les lettres A, B, C et D indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques. Moyennes  $\pm$  écarts-types de la moyenne. [Monthly change of HSI in females (A) and in males (B). Different letters indicate significant differences between the monthly means and the groups of identical means. Means  $\pm$  SEM.]

gnant alors des valeurs maximales de  $5,715 \pm 1,739$  pour les femelles et  $4,765 \pm 1,408$  pour les mâles. À partir de février, les valeurs de cet indice chutent considérablement pour afficher des valeurs minimales en avril pour les deux sexes ( $0,60 \pm 0,72$  chez les femelles;  $0,36 \pm ,32$  chez les mâles).

L'analyse de variance (ANOVA) entre les valeurs moyennes du RGS montre qu'il y a une hétérogénéité entre ces valeurs, que ce soit pour les femelles ( $F_{obs} = 13,12$  ;  $P \leq 0,001$ ) ou les mâles ( $F_{obs} = 3,22$  ;  $P \leq 0,001$ ). La comparaison des valeurs moyennes du RGS deux à deux par le test de Newman-Keuls révèle que les valeurs moyennes d'octobre à mars sont différentes des autres mois (Fig. 2) avec un pic significatif en janvier.

**Rapport hépatosomatique**

Les valeurs du rapport hépatosomatique (RHS) augmentent brusquement entre décembre et janvier pour atteindre une valeur maximale de  $1,67 \pm 0,67$  chez les femelles et de  $1,17 \pm 0,68$  chez les mâles. Cette évolution se poursuit jusqu'en février ( $1,33 \pm 0,52$  chez les femelles ;  $1,28 \pm 0,54$  chez les mâles). L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les valeurs

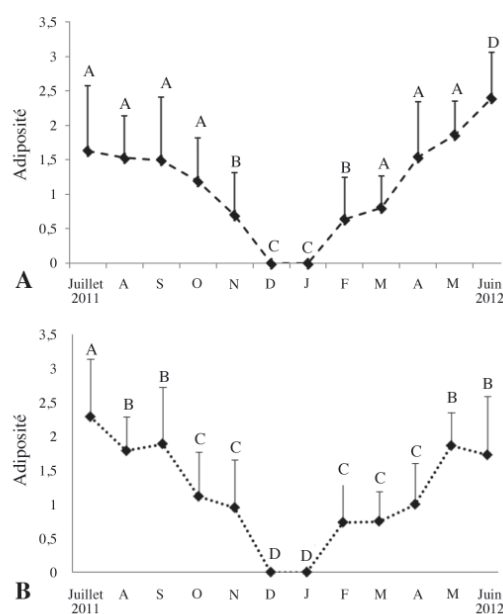


Figure 4. - Variation mensuelle de l'adiposité chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de *Sardina pilchardus*. Les lettres A, B, C, et D indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques. Moyennes  $\pm$  écarts-types de la moyenne. [Monthly change of adiposity in females (A) and in males (B). Different letters indicate significant differences between the monthly means and the groups of identical means. Means  $\pm$  SEM.]

moyennes du RHS ( $F_{obs} = 2,08$  pour les femelles ;  $F_{obs} = 43,11$  pour les mâles ;  $P \leq 0,001$ ). Les valeurs obtenues en janvier et en février sont statistiquement différentes des autres valeurs que ce soit chez les femelles ou les mâles (Fig. 3).

**Adiposité**

Les valeurs de l'adiposité présentent un pic en juin chez les femelles ( $2,39 \pm 0,78$ ) et en juillet chez les mâles ( $2,29 \pm 0,85$ ). Pendant la période de reproduction, les valeurs de l'adiposité sont réduites d'octobre à janvier chez les mâles et les femelles. Deux valeurs nulles sont observées en décembre et janvier pour les deux sexes. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les valeurs moyennes de l'adiposité pour les femelles ( $F_{obs} = 85,2$  ;  $P \leq 0,001$ ) et pour les mâles ( $F_{obs} = 65,2$  ;  $P \leq 0,001$ ). Le test de Newman-Keuls révèle que les valeurs moyennes de l'adiposité obtenues en décembre et en janvier sont différentes de celles des autres mois (Fig. 4).

**Coefficient de condition K**

Les valeurs du coefficient de condition varient de

BOUHALI ET AL.

Reproduction de *Sardina pilchardus*

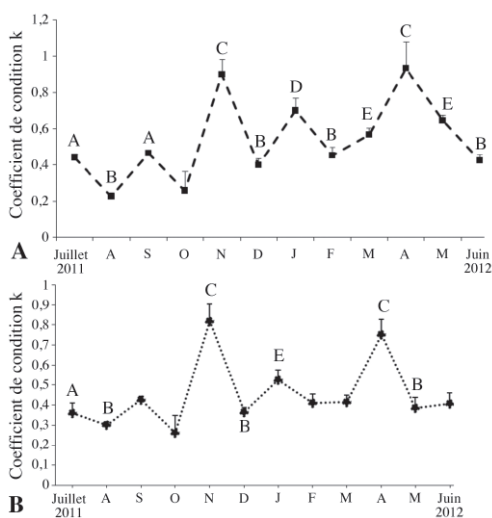


Figure 5. - Variation mensuelle du coefficient de condition K chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de *Sardina pilchardus*. Les lettres A, B, C, D, et E indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques. Moyennes  $\pm$  écarts-types de la moyenne. [Monthly change of condition factor K in females (A) and in males (B). Different letters indicate significant differences between the monthly mean and the mean of identical groups. Means  $\pm$  SEM.]

0,22  $\pm$  0,11 à 0,93  $\pm$  0,14 chez les femelles et de 0,30  $\pm$  0,01 à 0,82  $\pm$  0,08 chez les mâles. Il existe une phase de bonne condition en automne, avec un pic en novembre (0,90  $\pm$  0,05 chez les femelles et 0,82  $\pm$  0,08 chez les mâles) et au printemps, avec un pic en avril (0,93  $\pm$  0,14 chez les femelles et 0,75  $\pm$  0,07 chez les mâles).

L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les valeurs moyennes de K ( $F_{obs} = 1437,31$  pour les femelles;  $F_{obs} = 1234,45$  pour les mâles;  $P \leq 0,001$ ). Le test de Newman-Keuls révèle que les valeurs moyennes du coefficient de condition obtenues en novembre et en avril sont différentes de celles des autres mois (Fig. 5).

**Taille à la première maturité sexuelle**

L'évolution par classe de taille des fréquences des individus matures (Fig. 6) permet de situer la taille à la première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) à une longueur totale de 11,50 cm pour les mâles et à 11,28 cm pour les femelles. Au-delà de 16,00 cm, tous les individus échantillonnés étaient matures.

**Fécondité**

La fécondité absolue ( $n = 30$ ) est comprise entre 2572 et 17195 œufs, avec une valeur moyenne de 7382  $\pm$  4122 œufs.

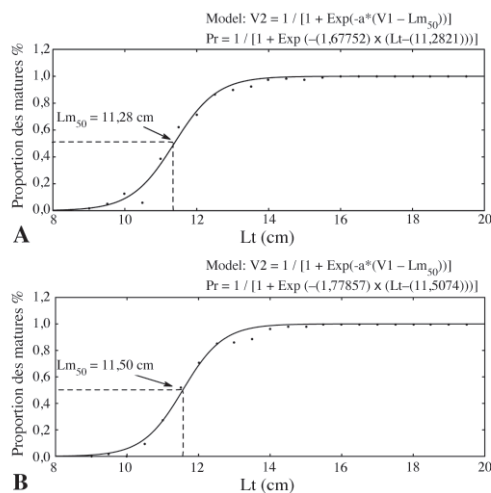


Figure 6. - Taille de première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) des *Sardina pilchardus* chez les femelles (A) et chez les mâles (B). [The size at first maturity ( $L_{50}$ ) in females (A) and in males (B).]

La fécondité relative oscille entre 136,41 ( $L_t = 13,6$  cm,  $P_t = 21,44$  g) et 671,75 ( $L_t = 15$  cm,  $P_t = 25,99$  g) avec une moyenne de 325,37  $\pm$  142,48 œufs/g. Des relations ont été obtenues entre la fécondité et les différents paramètres biologiques : la longueur totale ( $F_a = 6,8581t^{2,497}$ ;  $r = 0,615$ ) (Fig. 7A), le poids des gonades ( $F_a = 5084pg^{0,922}$ ;  $r = 0,731$ ) (Fig. 7B), le poids total ( $F_a = 301,1pt^{0,915}$ ;  $r = 0,627$ ) (Fig. 7C), et le poids somatique ( $F_a = 119,6Ps^{1,261}$ ;  $r = 0,583$ ) (Fig. 7D).

**Structure morphologique des gonades**

L'évolution de la structure morphologique des ovaires lors du cycle sexuel annuel, établie suivant leur aspect macroscopique, met en évidence des modifications en fonction des stades de maturité des gonades. Au cours de la maturation des gonades, le volume des ovaires augmente considérablement et des modifications morphologiques s'observent par le changement de couleur, de transparence de la paroi et le développement de la vascularisation périphérique (Tab. II).

**Structure histologique des gonades**

L'observation microscopique de gonades femelles correspondant aux différentes phases annuelles de maturation sexuelle a permis de constater l'évolution des cellules en fonction des stades d'ovogenèse. L'évolution ovocytaire se distingue par la pré-vitellogenèse, suivie de la vitellogenèse en se référant à la taille des ovocytes, l'homogénéité de leur structure, la quantité et la distribution des inclusions lipidiques.

Reproduction de *Sardina pilchardus*

BOUHALI ET AL.

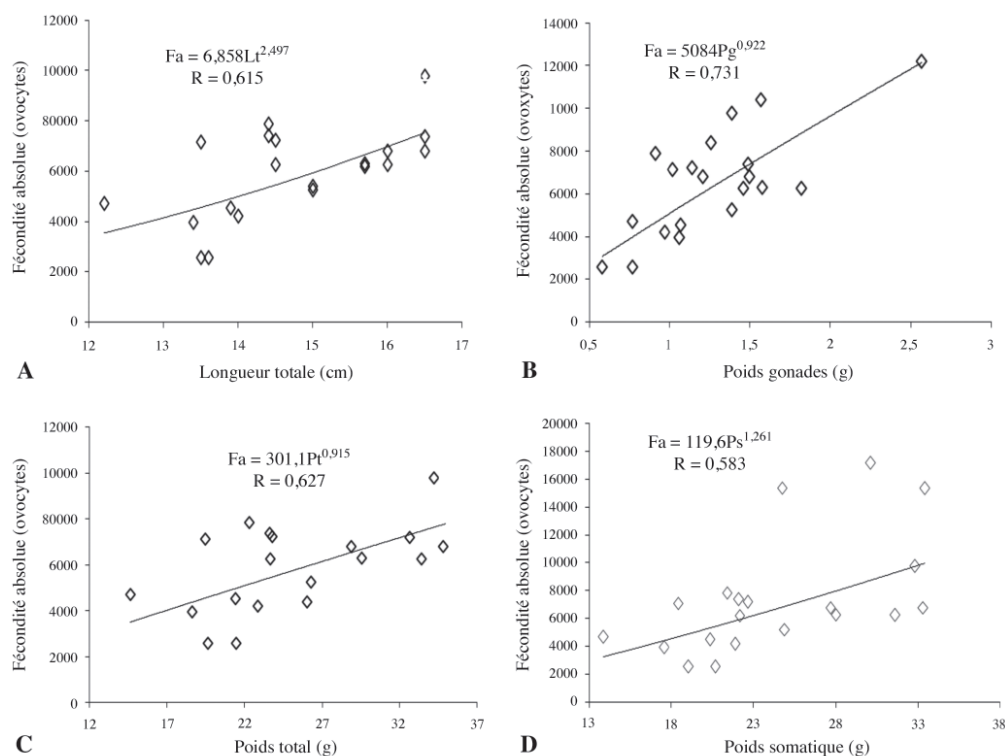


Figure 7. - Relations entre la fécondité absolue et la longueur totale (A), poids des gonades (B), le poids total (C), et poids somatique (D) chez *Sardina pilchardus*. [Relationships between batch fecundity and total length (A), ovary free weight (B), total weight (C) and somatic weight (D).]

ques et protéiques dans le cytoplasme constituant les enclaves ou globules vitellins (Tab. II ; Fig. 8).

### DISCUSSION

À partir d'un échantillonnage aléatoire et mensuel dans le golfe d'Annaba, effectué de juillet 2011 à juin 2012, nous avons déterminé le cycle de reproduction et l'évolution des stades de maturité sexuelle des gonades de 2266 spécimens de *S. pilchardus*.

Le sex-ratio global (SR) déterminé lors du cycle annuel est constamment en faveur des femelles que ce soit en période de reproduction (octobre-mars) ( $SR = 1,13$  ;  $\chi^2 = 5,15$  ;  $P \leq 0,01$ ) ou hors période de reproduction (avril-septembre) ( $SR = 1,59$  ;  $\chi^2 = 30,34$  ;  $P \leq 0,001$ ). La dominance des femelles mise en évidence dans le golfe d'Annaba a été également observée sur les côtes méditerranéennes, notam-

ment sur le littoral Est algérien (Bedairia et Djebbar, 2009) et les côtes tunisiennes (Kartas, 1981). Cette dominance des femelles peut être expliquée soit par une mortalité relative des mâles lors de la reproduction, soit par des différences de croissance en faveur des femelles (Millán, 1999; Amenzoui et al., 2004).

Le suivi pondéral des gonades par le calcul du rapport gonado-somatique (RGS), combiné à des observations morphologiques et histologiques, montre une période de reproduction s'étalant d'octobre à mars avec une ponte en janvier dans le golfe d'Annaba. La phase ascendante des valeurs de RGS à partir d'octobre témoigne du développement des gonades et de leur maturation en vue de la ponte. L'évacuation des ovules entraîne une baisse des valeurs du RGS en mars, les gonades entrant alors dans une phase de post-ponte, ce qui indique la fin de la période de reproduction et le début de la phase de récupération.

BOUHALI ET AL.

Reproduction de *Sardina pilchardus*

Tableau II. - Les différents stades de maturation sexuelle des ovaires de *Sardina pilchardus* basés sur des caractéristiques morphologiques et histologiques par rapport aux valeurs du rapport gonadosomatique (RGS). [Different stages of sexual maturation of *S. pilchardus* ovaries based on morphological and histological characteristics compared to the values of gonadosomatic index (GSI).]

Caractères / Stades	Structure morphologique	Structure histologique	RGS
Stade I : Immature	Ovaires volumineux, d'une coloration jaune et surface ovarienne granuleuse avec une vascularisation bien apparente	Petits ovocytes de phase I (20-25 µm) arrondis, au contour régulier avec gros noyau et cytoplasme dense et homogène, sans formation de granules vitellins (Fig. 8A)	0,97 ± 0,55
Stade II : Pré-ponte	Ovaires augmentant de volume, la coloration devenant orangé plus foncé avec vascularisation développée. Des ovocytes spécifiques sont nettement visibles à travers la membrane ovarienne.	- Follicules bien regroupés et remplis de gros ovocytes libres dans la cavité du follicule. Ce stade se caractérise par la présence d'ovocytes de différentes phases: - Ovocyte de phase II: plus volumineux avec un noyau central plus gros contenant un ou plusieurs nucléoles et un cytoplasme homogène renfermant une couronne périphérique d'alvéoles corticales (Fig. 8B), ovocyte en vitellogenèse endogène. - Ovocyte de phase III : granules vitellins de plus grande taille remplissant la cavité folliculaire (100-150 µm). Le noyau est central. Le cytoplasme est envahi par des inclusions vitellines s'organisant en liséré périnucléaire. Les couches folliculaires s'organisent en thèque externe, zone pellucide et granulosa (Fig. 8B). - Ovocyte de phase IV avec inclusions lipidiques autour du noyau central et en périphérie du cytoplasme (Fig. 8C)	2,39 ± 1,75
Stade III : Ponte	Ovaires très volumineux occupant toute la cavité abdominale d'une coloration rouge. Apparence d'ovocytes transparents disposés irrégulièrement entourés de zones hyalines. Vascularisation très développée observée surtout sur la partie postérieure des ovaires	Ovocyte mature de phase V en début d'hydratation avec noyau excentré. Ovocyte en vitellogenèse avancée semblant liquéfié, les inclusions vitellines fusionnent, lui donnant un aspect hyalin. Enveloppe nucléaire irrégulière avec migration du noyau vers l'un des pôles. À ce stade, l'ovocyte peut se détacher de sa thèque et de sa granulosa pour être libéré dans la cavité ovarienne afin d'être expulsé (Fig. 8D).	5,71 ± 1,73
Stade IV : Post-ponte	Ovaires rougeâtres (congestion des vaisseaux sanguins) devenant flasques montrant des zones hyalines plus grandes.	Follicules vides post-ovulatoires entourés de tissu conjonctif lâche. Les ovocytes présentent une structure lâche et atrétique. Les lames ovariennes renferment également des ovocytes vitellogéniques dans différents stades (stock cellulaire pour d'éventuels cycles sexuels) (Fig. 8C).	2,91 ± 2,21
Stade V : Repos sexuel	Ovaires devenant petits et fermes, translucides parfois colorés en orange pâle. Une vascularisation très fine est observée.	Les ovaires renferment des ovocytes atrétiques ainsi que des ovocytes prévitellogéniques qui pourront amorcer leur évolution lors du prochain cycle sexuel (Fig. 8F). Les espaces libérés par la dégénérescence des ovocytes vitellogéniques sont recolonisés par ces ovocytes prévitellogéniques au repos renfermant un volumineux noyau central avec de nombreux nucléoles. Leur cytoplasme contient quelques vésicules vitellines en liséré périphérique.	0,62 ± 0,42

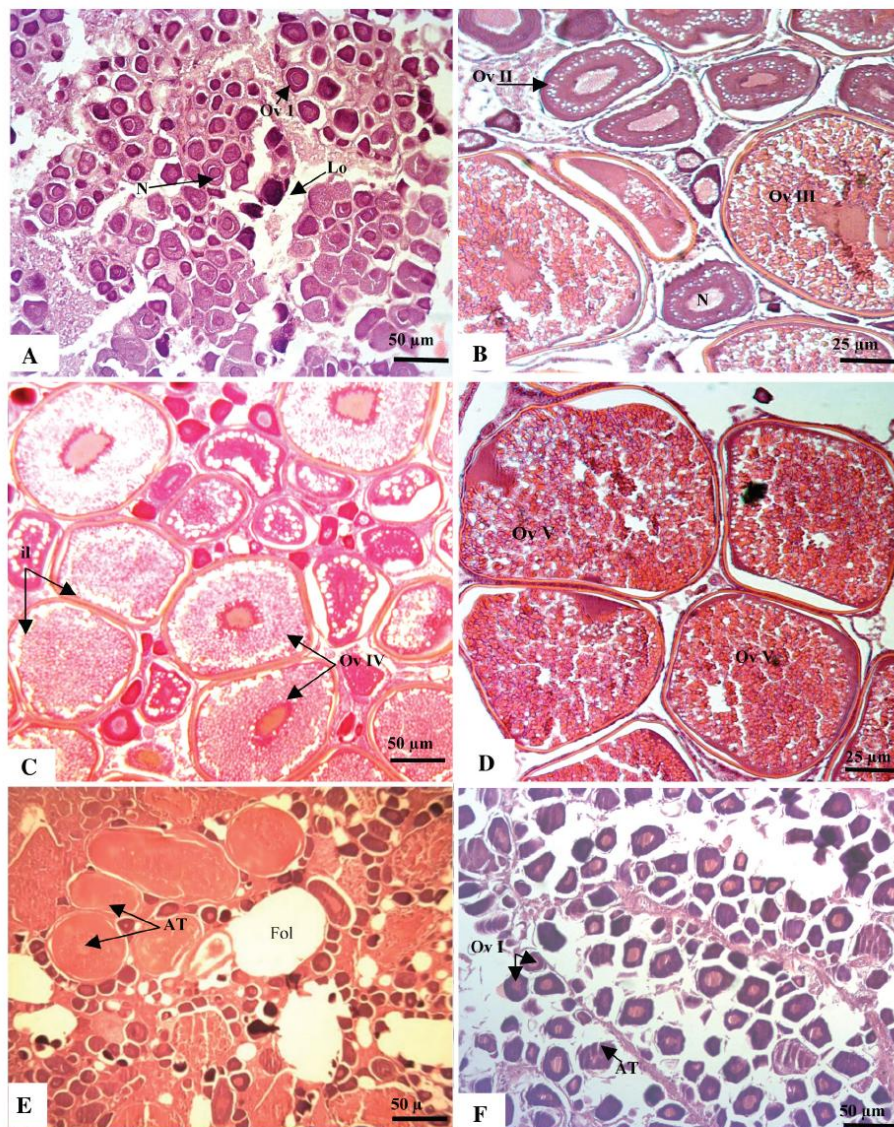


Figure 8. - Représentation histologique des cinq stades de maturité cellulaire des ovaires de *Sardina pilchardus*. A : Stade I, Immature ; B, C : Stade II, Pré-ponte ; D : Stade III, Ponte ; E : Stade IV, Post-ponte ; F : Stade V, Repos sexuel (voir Tab. II). Coloration à l'hémalum-éosine. Ov I : ovocyte primaire de phase I ; Ov II : ovocyte primaire de phase II ; Ov III : ovocyte primaire de phase III ; Ov IV : ovocyte primaire de phase IV ; Ov V : ovocyte primaire de phase V ; N : noyau ; il : inclusions lipidique ; AT : ovocyte atrétique ; Lo : lumière ovarienne ; Fol : follicules vides (lacunes poste-ovulatoires). [Histological representation of the five stages of cell maturity of ovaries in *S. pilchardus*. A : Stage I, Immature ; B, C : Stage II, Pre-spawning ; D : Stage III, Spawning ; E : Stage IV, Post-laying ; F : Stage V, Sexual rest (see Tab. II). Staining with haematoxylin-eosin. Ov I : primary oocyte phase I ; Ov II : primary oocyte phase II ; Ov III : primary oocyte phase III ; Ov IV : primary oocyte phase IV ; Ov V : primary oocyte phase V ; N : nucleus ; il : lipid inclusions ; AT : atretic oocyte ; Lo : ovarian light ; Fol : empty follicles (gaps post-ovulatory).

L'évolution morphologique des gonades est un indicateur imprécis de l'état de reproduction et ne permet pas de déterminer le degré de maturité des ovaires. De ce fait, une analyse microscopique devient indispensable pour déterminer la maturation des gamètes. Les observations microscopiques des gonades ont montré que leur maturation a lieu entre octobre et mars. L'émission des gamètes débute en janvier et, à partir de mars, les gonades entrent en repos. Les ovocytes immatures constituent un stock cellulaire pour le cycle sexuel suivant. Dans les ovaires, plusieurs groupes de stades ovocytaires distincts sont mis en évidence lors de la vitellogenèse pour aboutir à des ovocytes mûrs prêts à être émis, ce qui permet de supposer que la ponte de cette espèce est fractionnée durant une même saison. Les ovules non évacués subissent une atresie et finissent par dégénérer. L'étude histologique confirme la période de reproduction qui a été déterminée par le RGS ; ces résultats correspondent à ceux qui ont été rapportés par Pinto et Andreu (1957) chez cette même espèce, et modifiés par Mouhoub (1986). Le long des côtes algériennes, *S. pilchardus* se reproduit généralement à la même période : de décembre à mars sur les côtes algéroises (Djabali et Mouhoub, 1989), et en baie d'Oran (Tomasini *et al.*, 1989) et de novembre à mars en baie d'Annaba (Bedairia et Djebbar, 2009). Sur les côtes atlantiques, la période de reproduction est plus longue qu'en Méditerranée : de janvier à juillet au nord du golfe de Gascogne (L'Herrou, 1971), de janvier à juin sur la côte nord occidentale de l'Espagne (Pérez *et al.*, 1985), d'octobre à juin au nord du Portugal (Ré *et al.*, 1990), de février à août en baie de Douarnenez en France (Le Duff, 1997), et de novembre à juillet dans la région de Laâyoune au Maroc (Amenzoui *et al.*, 2006).

Le suivi mensuel du rapport hépatosomatique (RHS) montre une évolution presque similaire à celle du RGS avec des valeurs maximales atteintes au même moment, ce qui montre que le foie n'intervient pas dans le transfert des réserves lipidiques nécessaires à la vitellogenèse. Cela confirme le classement de *S. pilchardus* parmi les poissons gras caractérisés par une accumulation lipidique dans les muscles et par un dépôt de graisses mésentérique et sous-cutané, contrairement aux poissons maigres où les lipides s'accumulent dans le foie avant de passer dans les gonades (Lahaye, 1980). Chez la sardine, le stockage des lipides a lieu dans les muscles, à l'intérieur ou entre les fibres musculaires (Bertin, 1958).

Les valeurs maximales de l'adiposité sont enregistrées en septembre, au début de la maturation des produits génitaux, tandis qu'elles diminuent en décembre et en janvier lorsque le poids des gonades est maximal. Cela confirme que cette sardine utilise les réserves lipidiques musculaires et du mésentère pour développer les gamètes.

Les valeurs minimales de l'adiposité ont été enregistrées lors de la période froide sur les côtes Est de l'Algérie avec une valeur minimale de 13°C en hiver (Derbal et Kara, 2010). Cependant, il apparaît clairement que la graisse est très abondante du printemps à l'automne, période qui précède le début de la reproduction. Ceci implique une accumulation des réserves chez la sardine avant la période de reproduction.

L'évolution mensuelle du coefficient de condition (K) permet de déduire une stratégie dans l'utilisation des apports énergétiques. C'est durant le repos sexuel et la période d'abondance du plancton que la sardine se nourrit le plus et augmente son poids somatique. En mer Méditerranée (Kartas et Quignard, 1984 ; Tomasini *et al.*, 1989 ; Abad et Giráldez, 1993) et dans l'océan Atlantique (Pérez *et al.*, 1985), les variations du coefficient de condition *K* varient en sens inverse du RGS. Sur les côtes du Nord-Est algérien, la sardine n'arrête pas de s'alimenter en période de ponte et les réserves musculaires n'interviennent donc pas dans l'élaboration des gamètes (Bedairia et Djebbar, 2009).

La taille à la première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) de *S. pilchardus* des côtes Est algériennes est de 11,28 cm pour les femelles et de 11,50 cm pour les mâles. Nos résultats sont proches de ceux qui ont été obtenus sur la même espèce par Kartas (1981) sur les côtes tunisiennes ( $L_{50}$  : 12,30 cm pour les femelles ; 11,80 cm pour les mâles), par Mouhoub (1986) sur les côtes algéroises (12,90 cm pour les femelles et 11,90 cm pour les mâles) et par Bouchereau (1981) dans la baie d'Oran (12,30 cm pour les deux sexes). Au niveau des côtes atlantiques, cette taille est plus grande, de 15,20 cm chez les femelles et 15 cm chez les mâles (Mendez-Vilamil Mata *et al.*, 1997) dans les îles Canaries, et 17,50 cm chez les femelles et 16,30 cm chez les mâles sur les côtes atlantiques marocaines dans la région de Laâyoune (Amenzoui *et al.*, 2006). Ces variations de la taille à la première maturité seraient apparemment imputables aux différentes stratégies développées par les poissons dans des milieux différents pour une meilleure adaptation aux conditions environnementales telles que la température (Abed et Giráldez, 1993).

La fécondité absolue estimée sur la sardine du golfe d'Annaba est comprise entre 2 572 à 17 195 œufs par femelle mature. D'après Andreu (1955), la sardine de Malaga pond en moyenne 29 000 œufs par individu (de 15 000 à 50 000). À Oran, Bouchereau (1981) détermine un intervalle de 5 000 à 20 000 œufs par femelle. En Tunisie, Kartas (1981) estime la fécondité absolue de la sardine entre 5 000 et 38 500 œufs par individu. Ces différences de la fécondité dans ces régions pourraient s'expliquer par les variations hydro-climatiques d'une région à une autre, notamment la température et la disponibilité de la nourriture (Witthames *et al.*, 1995 ; Murua *et al.*, 2003 ; Ganiyas, 2009).

Reproduction de *Sardina pilchardus*

BOUHALI ET AL.

## CONCLUSION

L'échantillon aléatoire de *S. pilchardus* dans le golfe d'Annaba présente une dominance des femelles au cours d'un cycle annuel. La période de reproduction de ce poisson gras se déroule d'octobre à mars, avec une ponte en janvier. La taille à la première maturité sexuelle est établie à 11,50 cm chez les mâles et 11,28 cm chez les femelles. La fécondité absolue moyenne est de  $7\,382 \pm 4\,122$  œufs, alors que la fécondité relative moyenne est de  $325,37 \pm 142,48$  œufs/g.

**Remerciements.** – Ce travail fait partie du projet de recherche national sur l'exploitation et la gestion des stocks des petits pélagiques CNEPRU n° F01120100093 agréé le 01/01/2011 (Laboratoire d'écobiologie des milieux marins et littoraux). Les auteurs remercient particulièrement le Pr Mourad Bensouilah, directeur du laboratoire EMMI, ainsi que toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de cette étude.

## RÉFÉRENCES

- ABAD R. & GIRÁLDEZ A., 1993. - Reproducción, factor de condición y talla de primer madurez de la sardina, *Sardina pilchardus* (Walb.), del litoral de Málaga, mar de Alboran (1989 a 1992). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 9: 145-155.
- AMENZOU K., FERHAN-TACHINANTE F., YAHYAOU A., KIFANI S. & MESFIOU A.K., 2004. - Étude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune (Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat, Sect. Vie*, 2005: 26-27.
- AMENZOU K., FERHAN-TACHINANTE F., YAHYAOU A., KIFANI S. & MESFIOU A.K., 2006. - Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast. *C. R. Biol.*, 329: 892-901.
- ANDREU B., 1955. - Consideraciones sobre el comportamiento del ovario de sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) en relación con el proceso de maduración y de freza. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 41: 1-16.
- BEDAIRIA A. & DJEBAR A.B., 2009. - A preliminary analysis of the state of exploitation of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the gulf of Annaba, East Algerian. *Anim. Biodivers. Conserv.*, 32(2): 89-100.
- BERTIN L., 1958. - L'appareil digestif des poissons. In: *Traité de Zoologie (Anatomie, Systématique, Biologie)*. Agnathes et Poissons (Grassé P.P., éd.), pp. 926-1812. Paris: Masson.
- BILLARD R., BRETON B., FOSTIER A., JALABERT B. & WELLE C., 1978. - Endocrine control of the teleost reproductive cycles and its relation to external factors: Salmonid and cyprinid models. In: *Comparative Endocrinology* (Gaillard P.J. & Boer H.H.), pp. 37-48, Amsterdam: Elsevier North Holland.
- BOUCHEREAU J.L., 1981. - Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie). Thèse de Doctorat 3<sup>e</sup> cycle, 234 p. Univ. Aix-Marseille II, France.
- BOUGIS P., 1952. - Rapport hépato-somatique et rapport gonadosomatique chez *Mullus barbatus* L. *Bull. Soc. Zool.*, 74: 326-330.
- BOUIN P., 1897. - Études sur l'évolution normale et l'involution du tube séminifère. *Arch. Anat. Microsc.*, 1: 225-263.
- BRAHMI B., BENNOUI A. & OUALIKEN A., 1998. - Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) dans la région centre de la côte algérienne. In: *Dynamique des Populations marines* (Leon Art J., ed.), pp. 57-64. Zaragoza: CIHEAM. (Cahiers Options Méditerranéennes, n° 35).
- BURNS J.R., 1985. - The effect of low-latitude photoperiods on the reproduction of female and male, *Poeciliopsis gracilis* and *Poecilia sphenops*. *Copeia*, 4: 961-965.
- DAGNELIE P., 1975. - Théorie et Méthodes statistiques. 2 : Les Méthodes de l'Inférence statistique. 451 p. Les Presses agronomiques de Gembloux.
- DERBAL F. & KARA M.H., 2010. - Composition et variation des peuplements ichtyologiques d'herbier superficiel à *Posidonia oceanica* (L.) dans la baie d'Annaba. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 65: 1-11.
- DE VLAMING V.V., 1974. - Environmental and endocrine control of teleost reproduction. In: *Control of Sex in Fishes* (Schrek C.R., ed.), pp. 13-83. Ext. Div., Virginia. Polytech. Inst., State Univ. Blacksburg Virginia.
- DIABALI F. & MOUHOU B., 1989. - Reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) de la région d'Alger. *Pélagos, Bull. Inst. Sci. Mer Aménage. Littoral*, 7(1): 29-31.
- FONTANA A., 1969. - Étude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (Val) et *Sardinella aurita* (C. et V.) de la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM. Sér. Oceanog.*, 7(2): 101-108.
- FULTON T.W., 1911. - *The Sovereignty of the Sea*. 799 p. Edinburgh & London.
- GANIAS K., 2009. - Linking sardine spawning dynamics to environmental variability. *Estuar. Coast Shelf Sci.*, 84: 402-408.
- 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 État, 608 p. Fac. Sci. Tunis, Tunisie.
- KARTAS F. & QUIGNARD J.P., 1984. - La Fécondité des Poissons téléostéens. 121 p. Paris: Coll. Biol. Milieux Marins, Masson.
- KING M., 1995. - *Fisheries Biology: Assessment and Management*. 341 p. Oxford, England: Fishing News Books, eds, Osney Mead.
- L'HERROU R., 1971. - Étude biologique de la sardine du golfe de Gascogne et du plateau celtique. *Rev. Trav. Inst. Pêches Mar.*, 35(4): 455-473.
- LAHAYE J., 1980. - Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Océanis*, 6: 637-654.
- LE DUFF M., 1997. - Cinétique de l'ovogenèse et stratégies de ponte chez les poissons téléostéens en milieu tempéré. Thèse de Doctorat, 170 p. Univ. Bretagne occidentale, Brest, France.
- MARTOJA R. & MARTOJA-PIERSON M., 1967. - Initiation aux Techniques de l'Histologie animale. 345 p. Paris: Masson et C<sup>ie</sup>.
- MELLINGER J., 2002. - Sexualité et Reproduction des Poissons. 346 p. Paris: CNRS Éditions.
- MENDEZ-VILAMIL MATA M., LORENZO NESPEREIRA J.M., GONZALEZ PAJUELO J.M. & SOTO AGUILERA R., 1997. - Periodo reproductor y madurez sexual de la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) en aguas de Gran Canaria (islas Canarias). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 13(1-2): 47-55.
- MILLÁN M., 1999. - Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain). *Fish. Res.*, 41: 73-86.

BOUHALI ET AL.

Reproduction de *Sardina pilchardus*

- MOUHOUB R., 1986. - Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) des côtes algéroises, Thèse de Magistère, 163 p. USTHB Alger, Algérie.
- MURUA H., KRAUS G., SABORIDO-REY F., WITTHAMES P., THORSEN A. & JUNQUERA S., 2003. - Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *J. N.W. Atl. Fish Sci.*, 33: 33-54.
- NIKOLSKY G.V., 1963. - The Ecology of Fishes. 352 p. London: Academic Press.
- PÉREZ N., PORTEIRO C. & ALVAREZ F., 1985. - Contribución al conocimiento de la biología de la sardina de Galicia. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 2(3): 27-37.
- PINTO J.S. & ANDREU B., 1957. - Scale for the determination of evolutive phases of sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) ovaries in connection with the histophysiology of the gonad. *Proc. and Tech. Papers from the General Fisheries Council for the Mediterranean*, 46: 393-411. (In French with English abstract.)
- RÉ P., CABRALE SILVA R., CUNHA E., FARINHA A., MENESSES I. & MOITAT., 1990. - *Sardina* spawning of Portugal. *Bol. Inst. Nac. Invest. Pescas*, 15: 31-44.
- TOMASINI J.A., BOUCHEREAU J.L. & BEN SAHALA TALET A., 1989. - Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) des côtes oranaises (Algérie). *Cybium*, 13(1): 7-50.
- WITTHAMES P.R., GREER WALKER M., DINIS M.T., WHITING C.L., 1995. - The geographical variation in the potential annual fecundity of Dover sole *Solea solea* (L.) from European shelf waters during 1991. *Neth. J Sea Res.*, 34:45-58

## Annexe 30. Article 2.

Some biological aspects of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792 in the Eastern coast of Algeria)BOUHALI Fatima Zohra<sup>1\*</sup>, LADAIMIA Souâd<sup>1</sup>, BENCHIKNadira<sup>1</sup>, DIAF Assia<sup>1</sup>, DJEBAR Abdallah Borhane<sup>1</sup><sup>1</sup>Laboratory of Marine Ecobiology and Coastal Environments, Department of marine sciences, Faculty of Sciences, Badji Mokhtar University, P.O. Box. 12 Annaba 23000, Algeria.

## ARTICLE INFO

**Article history:**

Received  
 Received in revised form  
 Accepted  
 Available online

**Keywords:**

*Sardina pilchardus*, sex-ratio,  
 morphometry, length-weight relation,  
 reproduction, East coast of Algeria.

## ABSTRACT

*Sardina pilchardus* is one of the most valuable fish in Clupeidae because of their high nutritional value; they have a variety of vitamins and minerals, providing great commercial value and making them an important resource in fisheries worldwide. The aim of this paper was to examine the population structure of sardine such as morphology and reproduction, in order to provide better knowledge and comparisons with the relevant studies, and thus improve protection of the sardine stock in the eastern coast of Algeria. 2400 specimens of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) were collected monthly between July 2012 and June 2013 via the fishing boats of Annaba and El Kala city (North-Eastern Algeria). The sex ratio was 44.21%, this value was in favor of female. The metric and numeric parameters demonstrated in *S. pilchardus* from North-Eastern of Algeria were very close to these found in Mediterranean Sea. The length-weight relationship showed an isometric growth. Spawning took place from October to March, peaking in January. The monthly evolution of the mean values of hepato-somatic index (HSI) showed that *S. pilchardus* is a fatty type of fish. According to the variation of K, this species is in good condition during autumn and spring. The average size at first maturity was reached at 11cm. The results of this study might help rational exploitation of the resource by providing the scientific support required to identify the current stock state.

© 2014 AENSI Publisher All rights reserved.

To Cite This Article: Names of authors., Title of paper. *Adv. Environ. Biol.*, x(x), x-x, 2014

## 1. INTRODUCTION

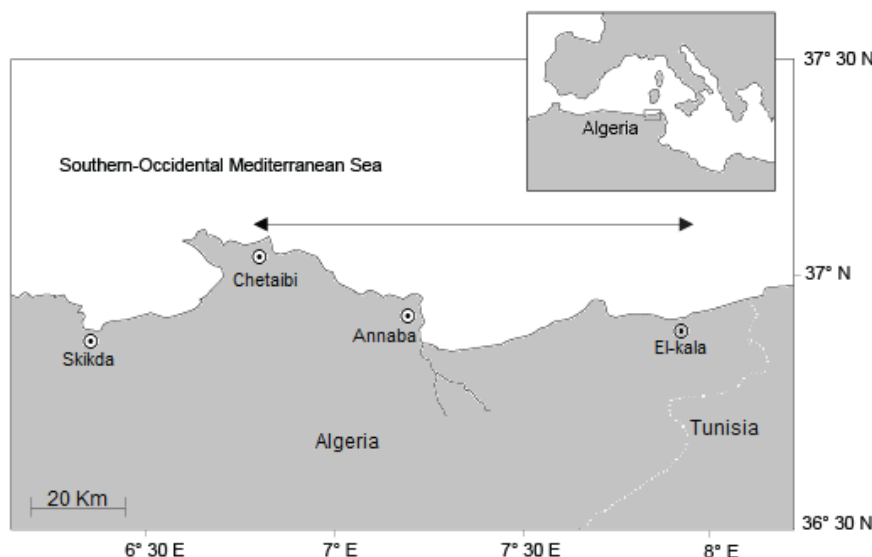
The European sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum 1792) is important pelagic fish species with a wide distribution area in the Mediterranean Sea, and the North-Eastern Atlantic Ocean from the North Sea to Senegal [1]. Northern and southern limits seem to be related to the average water temperature, being located within 10 and 20 °C isotherm [2]. Adults usually swim close to the littoral zone, and display daily vertical movement capacity [3, 4]. Spawning occurs in open waters and larvae remain in plankton for long periods of time [4]. Nevertheless, several authors have hypothesized that sardine distribution and abundance are dependent on the oceanographic regime [5, 6]. High abundance, wide geographic distributions, feeding, spawning, migrations and high catches in the commercial fishery are all associated with favorable regimes [7,8]. In Algeria, the pelagic fishery is dominated by landed sardine which represents 58% of total captured [9]. *S. pilchardus* was recommended as a species of priority in the Mediterranean assessment studies. It was adopted by the Scientific Advisory Committee (SAC) of the General Fisheries Commission (GFCM) for the Mediterranean on fisheries management directed by FAO-GFCM [10]. This species was chosen because of its socio-economic importance and abundance [10]. Considering the economic importance of sardine and its position in the feeding chain of the ecosystem sardine along with plankton, constitutes the base of the sea ecological pyramid, it is necessary to survey all changes in sardine population so that it would be possible to react in time to all possible negative changes or suggest measures for protecting this most

commercially important fish species. Thus, the objective of this study was to gather precise information of morphology, length-weight relationship, and the reproduction of *S. pilchardus* in the eastern coast of Algeria. Firstly, studies of morphologic variation between populations continue to have an important role to play in stock identification while stable differences in shape between groups of fish may reveal different growth, mortality or reproductive rates that are relevant for the definition of stocks [11, 12]. Secondly, the length-weight relationship is widely used in fishery studies as it allows conversion of growth-in-length equations to growth-in-weight for use in stock assessment models, estimation of biomasses from length observation, estimate of the condition of the fish and comparison between regions of certain species life histories [13, 14, 15]. These relationships are also frequently used to follow seasonal variations in fish growth and to estimate condition indexes [16, 17, 18]. As for the reproduction is one of the most complex aspects of their biology. As in other vertebrates, this is a cyclic phenomenon with an annual periodicity influenced by environmental conditions that affect gonad maturation as well as the development of secondary sexual characteristics and reproductive behavior [19, 20, 21]. There are many published studies concerning various aspects of sardine biology: biology, ecology and exploitation in the East of Algeria [22]; Length-weight relationship, sexual cycle in the Tunisian coast [23]; biology of sardine in Moroccan Atlantic coast [24]; genetic in the North Atlantic coast [25]; the assessment of fishery in Portugal[26]; feeding in the North Western Mediterranean [27]; in Adriatic Sea morphometric and meristic parameters[28]; Spawning of sardine in the South Adriatic Sea[29].

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Study area:

Sardines included in this study are obtained from fishing boats in the ports of Annaba and El Kala (North-eastern Algeria) (Figure1). During an annual cycle from July 2012 to June 2013, 2400 specimens were collected. On each fish examined, five parameters were measured: total length (Lt), total weight (w), gutted weight ( $W_{\text{gutted}}$ ), gonad weight ( $W_{\text{gonad}}$ ) and the liver weight ( $W_{\text{liver}}$ ).



**Fig.1.** The sampling range (↔) of *S. pilchardus* along the Eastern coast of Algeria [30].

### 2.2. Sex-ratio

Global sex ratio is estimated by the SR relationship, [31] Dagnelie:

$$SR = \frac{\text{number male}}{\text{number female} + \text{number male}} \times 100$$

The sex repartition of sexual states in males, females and immature (IM) based on the size was carried out by combining the specimens according to the size class of 1cm amplitude ranging from 8 to 19 cm.

The variance in the observed values of sex-ratio compared to the theoretical proportion (50%) is determined by Pearson's chi-squared test ( $\chi^2$ ), [31], and the null hypothesis  $H_0$ : sex ratio = 50% is tested by calculating the quantity:  $\chi^2 = (male^2 / f) + (2 female / f) - n$ , where:

n: number of males and females in the sample;  $f = n / 2$ : Theoretical absolute frequency for each sex.

The null hypothesis is rejected at the significance  $\alpha$  when  $\chi^2_{obs}$  is  $\geq$  the theoretical value  $\chi^2_{1-\alpha}$  of the  $\chi^2$  distribution of the value 1 degree of freedom. This test is valid only for the group male or female  $> 5$ .

### 2.3. Morphometry

The morphometric measurements were implored to determine taxonomic variations among the populations of fish, for this study 262 specimens was conducted composed of 109 females, 96 males and 51 IM (Immatures), with a total length (Lt) of between 12.2 and 18 cm for male, and between 13.2 and 19 cm for female.

#### 2.3.1. Numeric Characters

Four numeric characteristics were taken into account: number of gill rakers on the first left Branchial arch, number of rays of both dorsal and anal fins and the number of vertebrae. The distribution of each character is described by its mean, mode and limits.

#### 2.3.2. Metric Characters

Fifteen metric characters were measured using an ichthyometer: total length (Lt), standard length (Ls), fork length (Lf) pre-pectoral length (LPP), post-pectoral length (Lpp) diameter of the orbit (Do), pre-orbital length(Po), post-orbital length (po), body height (BH), height of caudal peduncle (Hcp), body thickness (Bt), pre-dorsal length (lpd), pre-anal length (Lpa), maxillary length (Lm) and cephalic length (Lc) (Figure2).

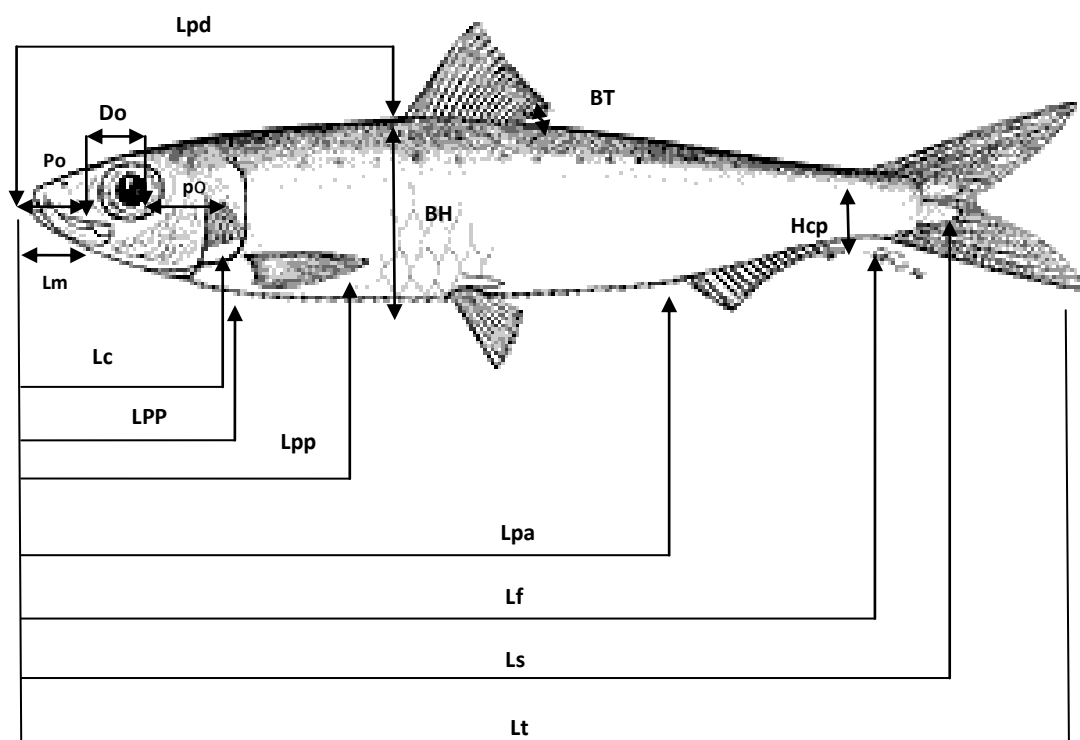


Fig.2. Morphometric measurements taken on each individual of *Sardina pilchardus*.

#### 2.4. Statistical analysis

The different body measurements are expressed in terms of Lt or Lc by the method of least rectangles (reduced major axis): a regression equation recommended by [32] where:

$Y = b x + a$  with b: slope of the line; a: intercept; x and y: dimensions measured on the same individual.

Statistical comparison of the allometric coefficient "t" of this equation with the value 1 is carried out by Student's *t*-test according to [31]:

$$t_{obs} = \frac{\left( \left| b^2 - b_o^2 \right| \cdot \sqrt{n - 2} \right)}{\left( 2b \cdot b_o \sqrt{1 - r^2} \right)}$$

Where: n: number of data pairs; r: correlation coefficient and b: coefficient of the allometric slope.

The value of  $t_{obs}$  is compared to that of theoretical " $t = t_{1-\alpha/2}$ ", a value given by the Student table, [33] where  $\alpha$  is the confidence level of the error risk of 5%.

-If  $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$ : the hypothesis is accepted. The difference is not significant and  $b = 1$ , and therefore, an isometry exists between the studied two parameters.

- If  $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$ : the hypothesis that the difference is significant between the slope and the theoretical value is rejected and thus, a negative allometry exists if  $b < 1$  or a positive allometry  $> 0$  if  $b > 1$ .

### 2.5. Length-weight relationship

The length-weight relationship was determined by the formula:  $w = a \cdot L^b$  [32] with w: total weight, a: constant, L: total length and b allometric coefficient. This coefficient reflects types of mass growth compared to L. To test the isometric growth, allometric coefficient b which is compared to 3 Student's *t*-test is used [33].

If  $b = 3$ , the mass increases proportionally to the length (isometric)

If  $b < 3$ , the mass increases slower than L. (a negative allometry)

If  $b > 3$ : the mass grows faster than the length (positive allometry).

### 2.6. Reproduction

#### 2.6.1. Length at first maturity ( $L_{50}$ )

This size corresponds to L in which 50% of individuals are mature during the reproduction season [34]. In order to accurately estimate the  $L_{50}$ , L was used and sampling was focused only on individuals in maturation period (stage 3, 4 and 5) during the spawning period [35].

#### 2.6.2. Gonado-somatic index (GSI)

The spawning period of *S. pilchardus* is determined according to the gonad and the body's weight relationship. This index is considered as a true maturity coefficient [36].

$$GSI = (W_{gonad} / W_{gutté}) \times 100.$$

#### 2.6.3. Hepato-somatic index (HSI)

Monthly monitoring of HSI allows evaluating liver ponderal variations during the reproductive cycle [37]. They are caused by changes of the energy content needed to the gonadal development during yolk.  $HSI = (W_{liver} / W_{gutté}) \times 100$

#### 2.6.4. Coefficient of the condition K

This coefficient is calculated for each individual using the formula:

$K = (W_{gutté} / L^b) \times 100$ , [38]. It enables to determine the related ponderal state and the growth speed.

## 3. RESULTS

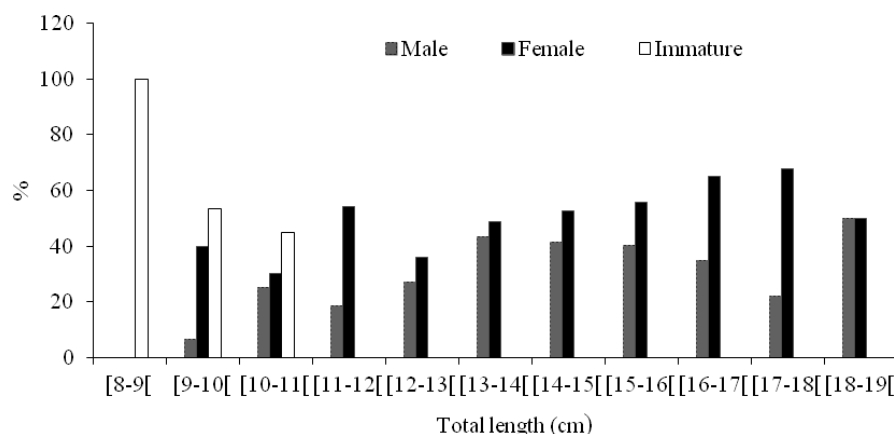
### 3.1. Sex-ratio and repartition of the sexual states according to the length

The sampled population is composed of 2400 specimens, 1076 female (44.83%), 853 (35.54%) male and 471 (19.63%) IM. The average sex-ratio determined during the annual cycle (AC) is 44.21%. It is constantly in favor of female with  $\chi^2 = 25.77$  \*\*\* and  $P \leq 0.001$  \*\*\*, (Table 1).

**Table1.** Characterization of the *S. pilchardus* samples fished of the Algerian Coast \*\*\* P ≤ 0.001). **IM:** immature **AC:** annual cycle

	Sex			Total	Sex.ratio	$\chi^2_{obs}$
	Female	Male	IM			
Efficiency	1076	853	471	2400		
AC	Frequency	44.83%	35.54%	19.63%	100%	44.21% 25.77***

Gender distribution according to the size of the fish shows that female dominate with small and large-size classes, while a balance between male and female in classes of average-size ranging from 12 to 16 cm is observed (Figure3).

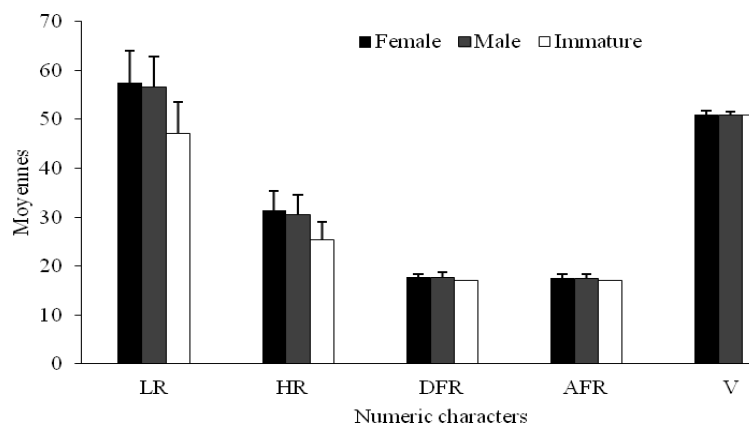


**Fig.3.** Sex distribution of *S. pilchardus* depending on the size; 11 size classes between 8 and 19 cm with 1 cm have been retained.

### 3.2. Morphometry

#### 3.2.1. Numeric characters

The left branchial arch contains between 38 and 72 lower gill rakers (LR) with a mode of 52 and 21-41 higher gill rakers (HR) with a mode of 30. The number of dorsal fin rays (DFR) ranges from 15 to 20, and that of the anal fin (AFR) ranges between 16 and 19 with a mode of 18. The number of vertebrae (V) ranges between 50 and 52 with a mode of 51 (Figure 4).



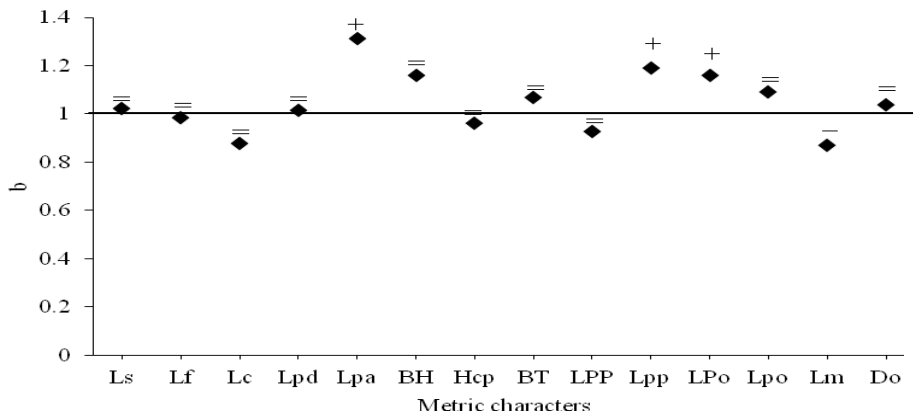
**Fig. 4.** Variations in average and standard deviations of numeric characters in *S. pilchardus*. LR: lower rakers, HR: higher rakers, DFR: dorsal fin rays, AFR: anal fin rays and V: vertebrae.

3.2.2. Metric characters

The morphometric study of *S. pilchardus* shows a significant correlation of the 13 parameters measured with the Lt rather than Lc. The ten characters exhibit the isometric growth (=): Ls, Lf, LPP, Do, Lpo, BH, BT, Hcp, Lpd and Lc. Three characters Lpa, LPo and Lpp have a positive allometry (+), whereas Lm has a negative one (-) (Figure 5, Table 2).

**Table2.** Morphometric characteristics of *S.pilchardus*.SD = Standard deviation t : allometric coefficient.

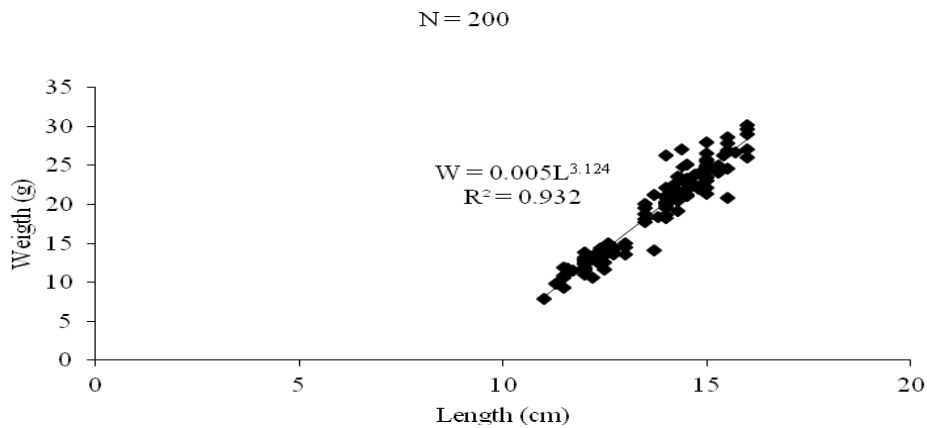
body length	Statistics	
	(Mean ± SD) (cm)	t
Ls	11.73 ± 0.06	0.08
LF	12.44 ± 0.05	0.11
Lc	2.92 ± 0.05	1.26
LPd	5.28 ± 0.06	0.11
Lpa	8.60 ± 0.06	0.88
Lm	0.40 ± 0.04	3.01
Do	0.83 ± 0.05	0.64
LPo	1.02 ± 0.06	2.38
BH	2.39 ± 0.07	1.65
Hpc	0.91 ± 0.05	0.50
BT	1.34 ± 0.06	0.95
Lpo	1.24 ± 0.05	1.31
Lpp	2.93 ± 0.05	0.65
LPP	4.67 ± 0.05	0.57



**Fig.5.** Relationship between the different calculated metric characters based on the total length of the cephalic length. Depending on the total length Ls, Lf, Lc, LPd, Lpa, Lpp, LPP, BH, Hpc, BT and cephalic length for Lm, Do, Lpo, LPO.

3.3. Length-weight relationship

The examination of 200 individuals at 50 per season allowed us to determine the size- weight relationship. The results shows a proportionality in linear and ponderal growth, expressed by a high correlation coefficient  $r = 0.932$  and  $b = 3.12$ , confirms that the ponderal and linear growth are isometric, the weight increases in proportion to the cube of its total length (Figure 6).

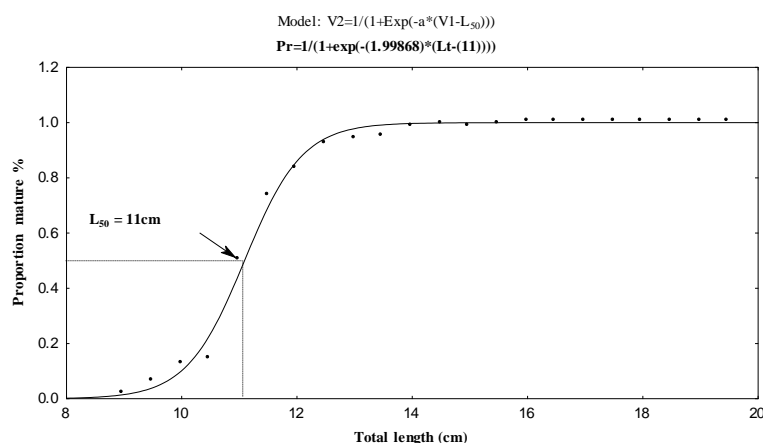


**Fig.6.** Length weight relationship of *S.pilchardus*.

3.4. Reproduction

3.4.1. The length at first maturity ( $L_{50}$ )

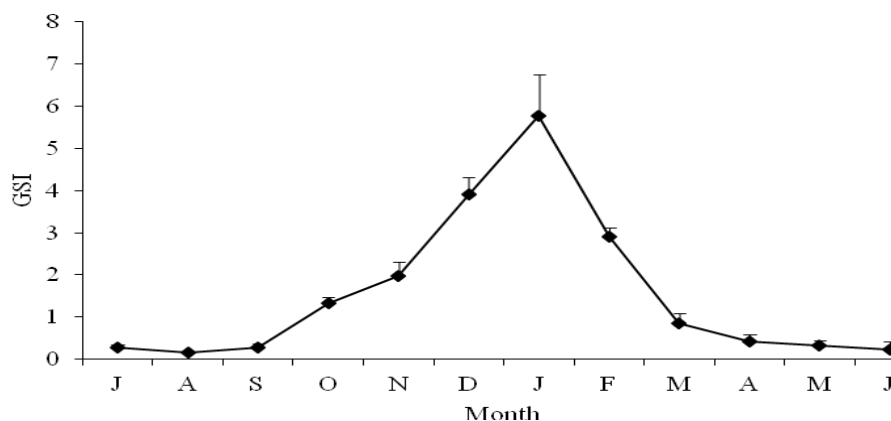
The evolution, by size class, of mature individuals frequencies has enabled us to calculate the  $L_{50}$  corresponding to 50% of specimens capable to spawn. In *S. pilchardus*, the size at first maturity is 11 cm. Beyond 16 cm; all individuals are mature (Figure 7).



**Fig.7.** Length at first maturity ( $L_{50}$ ) of *S. pilchardus* between the period of July 2012 and June 2013.

3.4.2. Gonado-Somatic index (GSI)

A monthly variation in the GSI shows a rising phase extending from November to January and reaches a maximum of  $5.786 \pm 5.097$ . In February, the GSI values drop considerably to reach  $2.911 \pm 2.210$  then  $0.416 \pm 0.478$  in April (Figure 8).



**Fig.8.** Graphical representation of monthly changes in GSI *S. pilchardus* between July 2012 and June 2013.

3.4.3. Hepato-Somatic index (HSI)

A HSI value varies a little during the annual cycle. They increased greatly between December and January, reaching a maximum value of  $1.489 \pm 0.715$  (Figure 9).

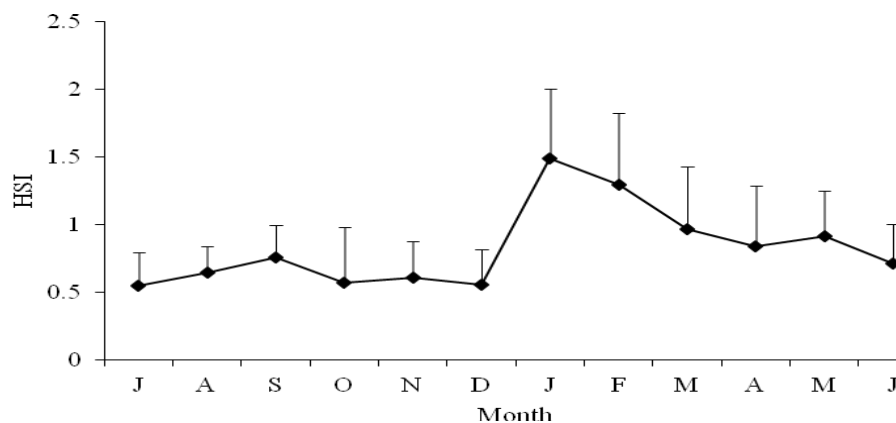


Fig.9. Graphical representation of monthly variations in *S. Pilchardus* HSI between July 2012 and June 2013.

3.4.4. Coefficient of the condition (K)

Values of the condition coefficient ranges from  $0.22 \pm 0.11$  to  $0.93 \pm 0.14$ . Fish feeds on plankton throughout the year, however there is a stage of remarkable good conditions during the autumn with a peak on November  $0.90 \pm 0.05$  and in spring with a peak on April  $0.93 \pm 0.14$  (Figure 10).

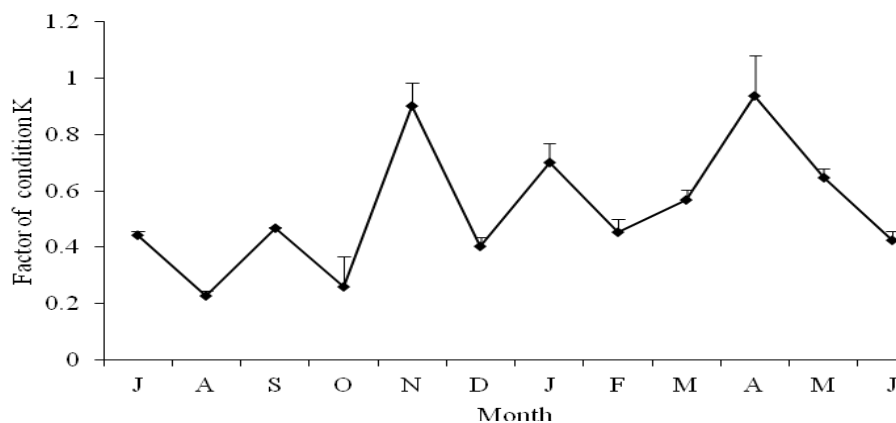


Figure 10.Representation of the monthly changes in the factor of condition K in *S. pilchardus* between July 2012 and June 2013.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The study of the sex-ratio, morphology, size-weight relationship, size of first maturity, monitoring the reproduction cycle was carried out on specimens of *S. pilchardus*. They were sampled monthly from the sea of the far eastern Algeria.

The study of the sex ratio shows that females represent 44.83%, males 35.54% and immature 19.63%. This female dominance was observed on the east coast of Algeria by [22], in the coastal waters of Tunisia and Egypt [39]. These results are according to [40] in Spain, [41] Morocco, [42] in South Adriatique Sea and in Turkey [43], due to a relative mortality of males during reproduction or by the growth differences according to the sex.

Biometric study shows that in *S. pilchardus*, the left branchial arch contains 38 to 72 lower gill rakers and 21 to 41 upper ones. The rays' number of the dorsal fins (DFR) ranges between 15 and 20 while in the anal fins (AFR) varies between 16 and 19. This result is identical to that obtained by [44], in the Adriatic Sea. In *S. pilchardus* of

eastern Algeria, the number of vertebrae is between 50 and 52. As shown by [45] who found out a mean of  $50.67 \pm 0.06$  for the sardine fished in Spain, or [46] with a mean of  $50.65 \pm 0.03$  in the West African sardine.

The same observation is done by [47] with a mean of  $50.8 \pm 0.05$  in the sardine of the Atlantic coast of Morocco.

In *S. pilchardus* of East Algerian coast, we obtained 10 isometric growths which are: Ls, Lc, Hcp, Do, Lpd, LPP, BT, BH, LPo and Lf, Lm has a negative allometry while it is higher for Lpo, Lpp and Lpa. Disparities observed in numeric characteristics, such as in the number of gills or fin rays may be due to the methodology (count limit), which is not always specified in literature. The length-weight relationship is of isometric type with  $b = 3.124$ , while the weight increases in proportion to the cube of its total length. This result is contrary to those that proposed by [48, 49] in central and western coasts of Algeria where they found a high allometry with  $b = 3.480$  and  $b = 3.14$  respectively. On the Tunisian [50], the South Adriatic Sea [28] and Turkish coast [43], noticed a negative allometry where  $b = 2.85$ ,  $b=2.55$  and  $b= 2,642$  while other works realized in the Atlantic showed a positive allometry  $b = 3.24$  in the coast of London [51] and with lower one  $b = 2.36$  in the Moroccan coast [52].

This variability in results raises questions in relation with the growth of sardine including the sampling quality, observation techniques used for age determination, interpretation of data: the scales and otoliths. These differences could also be controlled by the trophic potential that varies from one environment to another. It is worthy to note that fish growth is generally controlled by temperature, food availability and/or migration [53].

The size at first maturity of *S. pilchardus* of East Algerian coast is  $L_{50} = 11$ cm. Our results are close to those obtained on the same species in the Mediterranean Sea. In the Tunisian coast for example,  $L_{50} = 11.8$ cm [39]. In the coast of Algiers  $L_{50} = 11.9$  cm [54], while in the Bay of Oran  $L_{50} = 12.3$  cm, [48]. In the Atlantic waters, this size is larger; it reaches 15 cm [55] in the Canary Islands and the Moroccan Atlantic coast in the region of Laâyoune  $L_{50} = 16.3$  cm [35]. These size variations at first maturity would be attributed to the different strategies developed by fish in different environments for better adaptation to environmental conditions such as temperature [56]. The weight monitoring of gonads by calculating the gonado-somatic report (GSI) confirm the evolution of *S. pilchardus* sexual cycle. This fish has a reproduction season that last from October to March with a spawning in January. Along the Algerian coast, *S. pilchardus* usually reproduce in the same period: Algiers' coasts [57], Oran Bay from December to March [58] and also the Bay of Annaba from November to March [59]. In the Atlantic coast, reproduction period is longer than in the Mediterranean. Northern the Gascognela Gulf, spawning occurs between January and July [60], while in the North-Western coasts of Spain, between January and June [61]. In Edremit Bay Northern Aegean Sea, Turkey between September and May [43]. It begins in October and lasts until June [62] in the waters of northern Portugal, whereas in the Douarnenez Bay in France spawning runs from February to August [63], and takes place from November to July [35] in Laâyoune, Morocco, in the Boka Kotorska bay from October to May [29], Monthly monitoring of hepato-somatic index (HSI) shows a same evolution of the GSI with maximum values at the same time. This increase explains that the liver is not involved in the transfer of fat reserves necessary for vitellogenesis. This allows classifying *S. pilchardus* among fatty fish, characterized by lipid accumulation in muscle and by deposition of mesenteric and subcutaneous fat, unlike lean fish where lipids accumulate in the liver before passing to the gonads [36]. Therefore, the liver does not undergo, during the sexual cycle, significant variations in weight and volume. The evolution of the HSI is not critical in the growth monitoring of fatty fish such as sardines because the fat storage takes place in the muscles, within or between muscle fibers [64]. The monthly change in condition factor (K) allows us to deduce a strategy for using energy supply. In the North-east coast of Algeria, sardine doesn't stop feeding during the spawning period where it seems that the fat is absent or scarce in winter and very abundant in spring. Thus, we can estimate that the sardines are in good conditions in the period of spring and autumn before starting the reproduction. As a conclusion, the data acquired on the morphology and the reproduction of sardines contributes to a better knowledge of their biology along the Algerian East coast. This knowledge is essential for stock evaluation models, decision making and management to ensure profitability and sustainability of their exploitation. The random sampling of *S. pilchardus* characterized by isometric growth concern most of the metric parameters. The length-weight relation is of isometric type  $b = 3.124$ ; the weight increases in proportion to the cube of its total length. The reproduction period of this fatty fish is defined between October and March with a spawning in January. The size at first sexual maturity is 11cm and with a female dominance during an annual biological cycle.

## REFERENCES

- [1]Parrish, R.H. R, Serra., and W.S. Grant., 1989. The monotypic sardines, *Sardina* and *Sardinops*: their taxonomy, distribution, stock structure, and zoogeography. *Can J Fish Aquat Sci*, 41:414–422.
- [2]Furnestin, J., 1945. Contribution a l'étude biologique de la Sardine atlantique (*Sardina pilchardus*, walb 1792). *Rev Trav Off Pêches Marit*, 13(1–4):221–386.
- [3]Whitehead, P.J., FAO 1985. Species catalogue, Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part 1, Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae, 125:1–303.
- [4]Olivar, M.P. J, Salat., and I, Palomera., 2001. Comparative study of spatial distribution patterns of the early stages of anchovy and pilchard in the NW Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 217:111–120.
- [5]Barkova, N.A. O.A Chukhgalter., and L.V Scherbitch., 2001. Problèmes structuraux des populations de sardines (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) habitant au large des côtes de l'Afrique du Nord-Ouest. In: Groupe de Travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique Nord-Occidentale Nouadhibou, Mauritanie, 24–31 mars 2001 (657):120–133.
- [6]Kifani, S., 1998. Climatedependent fluctuations of the Moroccan sardine and their impact on fisheries. In: Durand Marie- Héléne, Cury Philippe, Mendelssohn R, Roy Claude, Bakun A, Pauly D (eds) *Global versus local changes in upwelling system*. ORSTOM, Paris, pp 235–248 (*Colloques et Séminaires*). ISBN, 2-7099-1389-5.
- [7]Lluch-Belda, D., D.B Lluch-Cota., S, Hernandez-Vasquez arid and C.A Salinas-Zavala., 1992. Sardine population expansion in eastern boundary systems of the Pacific Ocean as related to sea surface temperature. In: Payne AIL, Brink KH, Mann KH, Hilboni R (eds) *Benguela trophic fuuictioning*. S. gfi: J. Mar. Sci, vol 12, pp 147–155.
- [8]Schwartzlose, R., J, Alheit., A, Bakun., T, Baumgartner., R, Cloete., R, Crawford., W, Fletcher., Y, Green-Ruiz., E, Hagen., T, Kawasaki., D, Lluch-Belda., S, Lluch-Cota., A, MacCall., Y, Matsuura., M, Nevarez-Martí nez., R, Parrish., C, Roy., R, Serra., K, Shust., M, Ward., J, Zuzunaga., 1999. Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *S Afr J Mar Sci* 21:289–347.
- [9]DPRH., 2009. Bilan annuels d'activités. Direction générale des pêches. Secteur pêche d'Annaba.
- [10]FAO., 1999. Aménagement des pêcheries. Directives techniques pour une pêche responsable, n° 4, 91 p.
- [11]Swain, D.P. C.J. Foote., 1999. Stocks and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. *Fish. Res.* 43, 1123:1128.
- [12]Cadrin, S.X., 2000. Advances in morphometric analysis of fish stock structure. *Rev. Fish Biol. Fish.* 10, 91:112.
- [13]Gonçalves, J.M.S. L, Bentes., P.G Lino., J, Ribeiro., V.M. Canarioa., and K, Erzini., 1996. Weight-length relationship for selected fish species of the small-scaled demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. *Fish Res* 30, 253:256.
- [14]Froese, R., and D, Pauly., 1998. *FishBase 1998: Concepts, design and data sources*. Manila, ICLARM, p 293.
- [15]Moutopoulosdk and Stergiouki., 2002. Length-weight and length-length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *J Appl Ichthyol* 18 (3): 200–203.
- [16]Andersonr and S, Gutreuter., 1983. Length, weight and associated structural indices *Fisheries techniques*, Nielsen L, JohnsonD (eds.) American Fisheries Society, Bethesda, MD, p 283–300.
- [17]Safran, P., 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationships in fish juveniles. *Mar Biol* 112: 545–551.

- [18] Richter, H., C, Lückstädt., U, Focken ., K, Becker.,2000. An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. Arch Fish Mar Res 48: 255–264.
- [19] De Vlaming V.V., 1974. Environmental and endocrine control of teleost reproduction 13-83, In: Schrek C.R., Control of sex in fishes. Ext.Div., Virginia. Polytech.Inst.State Univ.Blacksbury.Virginia.
- [20] Billard, R., B, Breton., A, Fostier., B.B Jalabert., C, Welle., 1978. Endocrine control of the teleost reproductive cycles and its relation to external factors Salmonid and cyprinid models.37-48, in p-j. Gaillard and H.H. Boer, Comparative endocrinology,Elsevier North Holland.Amsterdam.
- [21] Burns, J R., 1985. The effect of low-latitude photoperiods on the reproduction of female and male. *Poeciliopsis gracilis* and *Poecilia sphenopscopeia*.
- [22] Bedairia, A., 2011. Biologie, écologie et exploitation de la sardine *S. pilchardus*, (Walbaum, (1792) dans le Littoral Est-Algérien. Thèse de doctorat. Université Badji-Mokhat Annaba, Algérie.
- [23] Khemiri, S and A, Gaamour., 2009. Relation taille –masse, condition relative et cycle sexuel des anchois et des sardines des côtes Tunisiennes. Bull. Inst. Natn. Scienc. Tech. Mer de Salammbou, vol 36.
- [24] Amenzoui, K., 2010. Variabilité des caractéristiques biologiques de la sardine, *Sardinapilchardus* (Walbaum, 1792) exploitée au niveau des zones de Safi, Agadiret Laâyoune (côtes atlantiques marocaines). Thèse de doctorat. Université Mohammed V – Agdal, faculté des sciences, Rabat.
- [25] Baibai, T., L, Oukhattar., J.V. Quinteiro., A, Mesfioui., M, Rey-Mendez.,and A, Soukri., 2012. First global approach: morphological and biological variability in a genetically homogeneous population of the European pilchard, *Sardina pilchardus*(Walbaum, 1792) in the North Atlantic coast. Rev Fish Biol Fisheries 22:63–80.
- [26] Almeida, C., S, Vaz., H, Cabral., and F, Ziegler., 2014. Environmental assessment of sardine (*Sardina pilchardus* ) purse seine fishery in Portugal with LCA methodology including biological impact categories. Int J Life Cycle Assess 19:297–306.
- [27] Costalago, D and I, Palomera., 2014. Feeding of European pilchard, (*Sardina pilchardus*) in the Northwestern Mediterranean: from late larvae to adults. Scientia Marina 78(1):41-54.
- [28] Musta, B and G, Sinov., 2010. Morphometric and meristic parameters of sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) in the zadar fishing area. Ribarstvo, 68, (1), 27:43.
- [29] Mandic, M., S, Regner., A, Joksimovic and A. Pesic., 2013. Spawning of sardine, *Sardina pilchardus* in Boka Kotorska bay (South Adriatic Sea). Natura montenegrina, podgorica, 12(3-4): 895-907.
- [30] Boughamou, N., F, Derbal., M.H Kara., 2014. Otolithometry and scalimetry—two valid methods to describe the growth of peacock wrasse, *Symphodus tinca* (Actinopterygii: Perciformes: Labridae) from eastern Algeria. Acta Ichthyol. Piscat. 44 (4): 285–293.
- [31] Dagnelie, P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. 2: Les méthodes de l’inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux, 451 p.
- [32] Teissier, G., 1948. La relation d’allométrie: sa signification et biologique. Biometrics ; 4(1): 14-53.
- [33] Schwartz, D., 1993. Méthodes statistiques à l’usage des médecins et des biologistes (Statistic methods for doctors and biologists). E. Médecine-Sciences,eds., Flammarion, Paris, France. 314 pp.
- [34] Fontana, A., 1969. Etude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella Eba* (Val) et *Sardinella Aurita* C. et V. de la région de Pointe-Noire ; Cah.ORSTOM. Sér. Oceanog 2: 101-108.
- [35] Amenzoui K., F, Ferhan-tachinante., A, Yahyaoui., S, kifani., A. K. Mesfioui., 2006. Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast; C.R. Biologies 329: 892-901.

- [36] Lahaye, J., 1980. Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Océanis* ; 6(7), pp.637-654.
- [37] Bougis, P., 1952. Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L., *Mullus surmuletus* ; L. Arch. Zool. Exp. gén, 89 (2): 57-174.
- [38] Do Chi T., 1978. Modèles cinétiques et structuraux en dynamique des populations exploitées. Application aux squilles *Squilla mantis* L (Crustacés Stomatopodes) du golfe de Lion. Thèse Doctorat. Etat es Sciences U. S. T. L. Montpellier, 272 p.
- [39] Kartas, F., 1981. Les Clupéidés de Tunisie. Caractéristiques biométriques et biologiques. Etude comparée des populations de l'Atlantique-Est et de la Méditerranée. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tunis, Faculté des sciences.
- [40] Millan, M., 1999. Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain); *Fisheries Research*. 41: 73-86.
- [41] Amenzoui, K., F, Ferhan-Tachinante., A, Yahyaoui., S, Kifani., and A.K Mesfioui., 2005. Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune (Maroc) ; *Bulletin de l'Institut Scientifique*. 26, 27: 43-50.
- [42] Péšic, A., M, Durovic., A, Joksimovic., S, Regner., P, Simonovic., and B, Glamuzina., 2010. Some reproductive patterns of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walb, 1792) in Boka Kotorska Bay (Montenegro, Southern Adriatic Sea). *Acta Adriatica*, 51(2): 159-168.
- [43] Erdogan, Z., H, Torcu-Koç., S, Gicili., G, ULUNEHİR., 2010. Age, growth and mortality of European pilchard, *Sardina pilchardus* in Edremit Bay (northern Aegean Sea, Turkey) 2010; *Cybiurn*, 34(2): 185-193.
- [44] Bosiljka, M and S, Gorenka., 2007. Morphometric and meristic characteristics of the sardine, *sardina pilchardus* (walb, 1792); in the Middle Eastern Adriatic Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Medit*, 38.
- [45] Krzeptowski, M., 1975. Sardine in polish catches of Spanish Sahara region during the years (1971–1974); *ICES C M, J. (mimeo)* 18, 7 pp.
- [46] Bravo de Laguna J., M.A.R Fernandez., J.C Santana., 1976. The Spanish fishery on sardine (*Sardina Pilchardus*) off West Afrika 1976; *ICES C.M.J13 Pelagic fish (Southern) committee*, 19 pp.
- [47] Bèlveze, H., and M, Rami., 1978. Détermination de l'âge de la sardine marocaine (*Sardina pilchardus* Walb) Eléments de croissance comparés ; *Bull. Inst. Pêches Marit., Casablanca*, 23, 57–81.
- [48] Bouchereau, J L., 1981. Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie). Thèse Doctorale 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Aix-Marseille II.
- [49] Brahmi, B., A, Bennoui., and A, Oualiken., 1998. Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) dans la région centre des côtes Algérienne *Marine populations Dynamics* vol .35.
- [50] Quignard, J.P and F, Kartas., 1976. Observation sur la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), poisson, Téléostéen) des côtes tunisiennes durant l'hiver 1973-1974. (Caractères numériques; relation taille- poids; état sexuel) ; *Rapp. CIEM.23 (8)*: 21- 25.
- [51] Guerauld, D and J.L Avrilla., 1978. La sardine de la côte des landres. Pêche et biologie; *CIEM.C.M /H*, 23:18 p.
- [52] Idrissi, M and M, Zouiri., 1985. Données bio statistiques disponibles sur la sardine et l'anchois en Méditerranée marocaine. Rapport de la 4<sup>ème</sup> consultation technique du CGPM. Sidi Fredj, Algérie, 16-21 novembre 1985. *FAO. Rapp. Pêches*, (347): 99- 105.
- [53] Gaamour, A., 1999. La sardinelle ronde (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) dans les eaux tunisiennes. Reproduction, croissance et pêche dans la région du cap Bon. *Océanographie biologique*. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Bretagne occidentale.

[54]Mouhoub, R., 1986. Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) des côtes algéroises. Thèse de Magistère, U.S.T.H.B .Alger.

[55]Mendez Vilamil Mata, M., J.M. Lorenzo Nespereira., J.M. Goçnzalez Pajuelo., and R, Soto Aguilera., 1997. Periodo reproductor y madurez sexual de la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, (1792) en aguas de Gran Canaria (islas Canarias); Bol. Inst. Esp. Oceanogr.13, 1, 47-55.

[56]Abad, R and A, Giraldez., 1993. Reproducción, factor de condición y talla de primer madurez de la sardina, *Sardina pilchardus* (Walb.), del litoral de Malaga, mar de Alboran (1989 a 1992); Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 9, 1, 145-155.

[57]Djabali, F and R, Mououb., 1989. Reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) de la région d'Alger.

[58]Tomasini, J.A, J.L Bouchereau., A, Ben Sahala Talet., 1989. Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) des côtes oranaises (Algérie) ; Cybium, 13, 1: 37-50.

[59]Bedairia, A and A.B Djebar., 2010. Environnement et développement durable: cas de la sardine, *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba ; Journée mondiale de l'alimentation, Alger le 16 octobre 2010. INAT. El harrach-Algérie.

[60]L'Herrou., 1971. Etude biologique de la sardine du golfe de Gascogne et du plateau celtique; Rev. Trav. Inst. Pêches marit, 35, 4, 455-473.

[61]Pérez, N., C, Porteiro., and F, Alvarez., 1985. Contribución al conocimiento de la biología de la sardina de Galicia ; Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 2, 3: 27- 37.

[62]Ré, P., R, Cabrale Silva., E, Cunha., A, Farinha., I, Meneses., and T, Moita., 1990. Sardina spawning off Portugal. Bol. Inst.Nac. Invest. Pescas, Lisboa, 15: 31-44.

[63]Le Duff, M., 1997. Cinétique de l'ovogenèse et stratégies de ponte chez les poissons téléostéens en milieu tempéré. Thèse Doctorat., Université Bretagne occidentale, Brest, 170 p.

[64]Bertin, L., 1958. L'appareil digestif des poissons. In Grassé, Traité de zoologie (Anatomie, Systématique, Biologie). Agnathes et poissons: Anatomie, éthologie, systématique. Masson (éds.), Paris T.XIII, II: 926- 1812.