



THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT en Sciences de la mer

Thème

Biologie halieutique et exploitation de deux clupéidés, la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) et la sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) des côtes Est algériennes

Par

Amina Tania DAHEL

Devant le jury composé de:

Directeur de thèse:

A. Borhane DJEBAR Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba - Algérie.

Co-Directeur de thèse:

Rachid AMARA Professeur, Université du Littoral - Côte d'Opale-Dunkerque-France.

Président:

Mourad BENSOUILAH Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba - Algérie.

Examineurs:

Zouhir RAMDANE Professeur, Université Abderahmane Mira - Béjaia - Algérie.

Wahid REFES Maître de conférences A, ENSSMAL- Alger - Algérie.

Farid DERBAL Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba - Algérie.

Année 2018

Remerciements

Cette thèse est l'aboutissement des six années de travaux, effectuées en grande majorité au sein du laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux (EMMAL), Université de Badji Mokhtar. Annaba (Algérie). Six années pendant lesquelles, j'ai eu l'occasion de côtoyer des personnes de grandes qualités, humaines comme professionnelles, que je tiens à remercier dans ces paragraphes.

Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur le Professeur Mourad BENSOUILAH, Directeur du laboratoire EMMAL, pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury. Mes remerciements vont également vers les membres du jury, Professeur Zouhir RAMDANE, Docteur Wahid REFES et Professeur Farid DERBAL pour m'avoir fait l'honneur de juger mon travail de thèse malgré leurs très nombreuses occupations.

Toute ma gratitude au Professeur Abdallah Borhane DJEBAR, pour avoir tenu ses engagements de Directeur de thèse. Sa disponibilité, son enthousiasme et surtout la confiance qu'il m'a donnée m'ont permis de m'épanouir tout au long de ce travail. J'adresse de chaleureux remerciements à mon co-Directeur de thèse, le Professeur Rachid AMARA, pour son attention de tout instant sur mes travaux.

J'exprime ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements à Monsieur Ahmed BOUAZIZ, Professeur à l'Université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène, Bab Ezzouar de m'avoir initiée aux logiciels (FISAT II, VONBIT et le VIT) indispensables au traitement de la quasi-totalité des données de ma thèse. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris.

Merci à mes collègues de l'Université de Chadli Bendjedid qui m'ont soutenues et encouragées, les jours de déprime. Votre aide morale m'a été cruciale pour le bon déroulement de la thèse!

J'aimerais toutefois apporter quelques mentions spéciales... à mon amie Mardja TAHRI, dont les compétences n'ont d'égal que sa sympathie ! Merci pour ton aide précieuse pendant mes derniers mois de thèse.

Pour avoir partagé, en même temps les mêmes galères, s'être soutenues, merci aux collègues doctorantes: Mounira RACHEDI et Nabila BENSAFIA. Sans vous, il est clair que la thèse n'aurait pas été pareille! Je vous souhaite bonheur et réussite pour la suite!

Je garderai toujours un excellent souvenir de mon séjour à IRSTEA Cestas – Bordeaux, et ce grâce à la bonne humeur, au professionnalisme, et aux compétences de toute l'équipe. A vous tous et en particulier à Madame Françoise DEVERAT et Monsieur Jonathan SELLESLAGH, je tiens à vous remercier pour m'avoir aidé à voir plus claire dans mes otolithes Et j'espère vivement que nos chemins se recroiseront dans le futur.

Pour leur collaboration de près ou de loin à ce travail, Nadira BENCHIKH, Nawel BENSOUILAH, Nadir YOUBI..... Vraiment un grand merci.

D'un point de vue plus personnel, ce travail, j'ai aussi pu le réaliser grâce à ma famille et mes amis. Les amis se reconnaîtront. Tant les amis de longue date, que les amis plus récents. Vous avez su être là pour partager de sacrés moments.

Enfin, je garde le meilleur pour la fin: ma famille proche. En effet, si j'ai pu réaliser ce travail et arriver à ce niveau d'études, c'est en premier lieu grâce à mes parents. Ils ont su me transmettre une éducation, un savoir, un goût du travail, et une bonne dose d'amour; ce qui m'a permis d'arriver là où j'en suis aujourd'hui.

Je réserve les dernières lignes à mon mari et mes enfants, vous avez su m'aimer et m'encourager au quotidien, notamment pendant les phases critiques de la rédaction de ce mémoire, mais aussi dans bien d'autres moments. Durant ces six années, il y a eu des épreuves difficiles, mais aussi des grands moments de bonheur...Et aujourd'hui, je suis persuadé que le meilleur reste à venir !!

A la mémoire de mon père, avec lequel je n'aurai pas le plaisir de partager cet évènement, mais qui demeurera dans mon cœur et à jamais. J'espère que je serai à la hauteur des valeurs que tu as semées en moi.

TABLE DES MATIERES

	Introduction	1
1	Généralités	6
1.1.	Caractéristiques générales du littoral algérien.....	6
1.2.	Activités de la pêche en Algérie.....	8
2.	Matériel et méthodes	11
2.1.	Caractéristiques de la zone d'étude.....	11
2.2.	Technique d'échantillonnage.....	15
2.3	Matériel biologique.....	15
2.3.1.	La sardine <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792).....	15
2.3.1.1.	Description de l'espèce.....	17
2.3.1.1.	Ecobiologie de l'espèce.....	17
2.3.2.	La sardinelle <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847).....	20
2.3.2.1.	Description de l'espèce.....	22
2.3.2.2.	Ecobiologie de l'espèce.....	22
2.4.	Méthodes d'études.....	25
2.4.1	Techniques morphométriques.....	25
2.4.1.1.	Caractères méristiques.....	25
2.4.1.2.	Caractères métriques.....	27
2.4.1.3.	Analyse statistique.....	28
2.4.2.	Techniques d'estimations des âges et de la croissance.....	29
2.4.2.1.	Méthode otolithométrique.....	30
2.4.2.1.1.	Technique d'extraction des otolithes.....	31
2.4.2.1.2.	Protocoles de nettoyage et de conservation des otolithes.....	32
2.4.2.1.3.	Traitement numérique.....	33
2.4.2.1.4.	Techniques d'observation.....	33
2.4.2.1.5.	Relation entre la taille du poisson et les différentes longueurs de l'otolithe.....	34
2.4.2.1.6.	Estimation de l'âge par lecture des marques de croissances des otolithes.....	36
2.4.2.1.7.	Méthodes de validation.....	37
2.4.2.2.	Méthode indirecte de Bhattacharya (1967).....	38
2.4.2.3.	Modélisation de la croissance.....	38
2.4.2.3.1.	Modèle de croissance somatique linéaire.....	38
2.4.2.3.2.	Relation taille-poids.....	39
2.4.2.3.3.	Modèle de croissance pondérale.....	40
2.4.2.4.	Analyse statistique.....	41
2.4.3.	Etude de la reproduction.....	41
2.4.3.1.	Répartition des sexes.....	42
2.4.3.2.	Stade de maturité sexuelle.....	43
2.4.3.3.	Taille de première maturité sexuelle.....	45
2.4.3.4.	Indices pondéraux.....	45
2.4.3.4.1.	Rapport gonado-somatique (R.G.S.).....	45
2.4.3.4.2.	Facteur de condition (K).....	46
2.4.4.	Estimation de la mortalité.....	47
2.4.4.1.	Mortalité totale (Z).....	47
2.4.4.2.	Mortalité naturelle (M).....	49
2.4.4.3.	Mortalité par pêche (F).....	50
2.4.4.4.	Taux d'exploitation (E)	50
2.4.4.5	Probabilités de captures selon les longueurs.....	50
2.4.5	Evaluation de l'état d'exploitation.....	51
2.4.5.1.	Analyse de la population virtuelle (VPA).....	52
2.4.5.2.	Biomasse totale équilibrée (D).....	53
2.4.5.3.	Modèle de rendement et de biomasses par recrue.....	53
2.4.5.4.	Calcul du point de référence cible $F_{0.1}$	54
3.	Résultats	55
3.1.	Morphométrie.....	55
3.1.1.	Caractères méristiques chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	55
3.1.2.	Caractères métriques chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	58

3.2.	Estimations de l'âge et de la croissance.....	62
3.2.1.	Estimations de l'âge.....	62
3.2.1.1.	Détermination de l'âge par otolithométrie.....	62
3.2.1.1.1.	Relation Lt et taille de l'otolithe chez <i>Sardina pilchardus</i>	62
3.2.1.1.2.	Relation Lt et taille de l'otolithe chez <i>Sardinella aurita</i>	64
3.2.1.1.3.	Relation entre taille, poids et rayon des otolithes chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	67
3.2.1.1.4.	Clé taille-âge chez <i>Sardina pilchardus</i> et <i>Sardinella aurita</i>	67
3.2.1.1.5.	Validation qualitative semi-directe chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	69
3.2.1.2.	Détermination de l'âge par la méthode de Bhattacharya (1967) de <i>S. pilchardus</i>	70
3.2.1.3.	Détermination de l'âge par la méthode de Bhattacharya (1967) de <i>S. aurita</i>	73
3.2.2.	Estimations de la croissance par modélisation en longueur et en poids.....	75
3.2.2.1.	Modélisation de la croissance linéaire à partir des âges obtenus par otolithométrie chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	75
3.2.2.2.	Modélisation de la croissance linéaire à partir des âges obtenus par la méthode indirecte chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	75
3.2.2.3.	Relation taille-poids chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	78
3.2.2.4.	Croissance pondérale chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	81
3.3.	Reproduction.....	83
3.3.1.	Répartition des sexes chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	83
3.3.2.	Etude macroscopique des gonades.....	87
3.3.3.	Taille de première maturité sexuelle chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	90
3.3.4.	Indices pondéraux.....	92
3.3.4.1.	Rapport gonado-somatique (R.G.S.) chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	92
3.3.4.2.	Facteur de condition (K) de Fulton chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	93
3.4.	Mortalité.....	95
3.4.1.	Mortalité totale (Z) chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	95
3.4.2.	Mortalité naturelle (M) chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	95
3.4.3.	Mortalité par pêche (F) et Taux d'exploitation (E) chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i> ...	97
3.4.4.	Probabilités de captures chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i>	98
3.5.	Evaluation de l'état d'exploitation.....	100
3.5.1.	Données indispensables pour l'analyse virtuelle de la population (VPA).....	100
3.5.2.	Captures des individus en nombre et en poids.....	101
3.5.2.1.	Captures des individus en nombre et en poids chez <i>S. pilchardus</i>	101
3.5.2.2.	Captures des individus en nombre et en poids chez <i>S. aurita</i>	103
3.5.3.	Analyse de la VPA.....	105
3.5.3.1.	Analyse de la biomasse exploitable et des mortalités par pêche chez <i>S. pilchardus</i> ..	105
3.5.3.2.	Analyse de la biomasse exploitable et des mortalités par pêche (F) chez <i>S. aurita</i> ...	109
3.5.4.	Biomasse totale équilibrée (D).....	114
3.5.4.1.	Biomasse totale équilibrée (D) chez <i>S. pilchardus</i>	114
3.5.4.2.	Biomasse totale équilibrée (D) chez <i>S. aurita</i>	115
3.5.5.	Rendements et biomasses par recrue.....	116
3.5.5.1.	Rendements et biomasses par recrue de <i>S. pilchardus</i>	116
3.5.5.2.	Rendements et biomasses par recrue de <i>S. aurita</i>	118
4.	Discussion	120
5.	Conclusion et perspectives	154
	Résumés	157
	Références bibliographiques	160
	Annexes	187

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	page
1	Carte représentative du littoral algérien (pointillés rouges) entre le Maroc et la Tunisie.	6
2	Schéma de la circulation de surface des courants en mer méditerranéenne (Millot et Taupier-Letage, 2005).	7
3	Image satellitaire montrant le gradient de salinité de surface dans le bassin méditerranéen (Millot et Taupier-Letage, 2011).	7
4	Image satellitaire montrant les variations des températures des eaux de surface dans le bassin méditerranéen en mai 2012 (INGV, 2012).	8
5	Evolution décennale de la flottille de pêche en Algérie entre 2006 et 2015 (MADRP, 2016).	9
6	Répartition de la production halieutique par groupes d'espèces (MADRP, 2016).	10
7	Limites géographiques des zones de pêche et photographies des ports correspondants, a: Baie de Chetaibi, b: Golfe d'Annaba, c: Littoral d'El-Kala à partir desquelles nous avons échantillonné nos espèces pélagiques.	11
8	Evolution de la flottille de pêche du port de Chetaïbi entre 2006 et 2016.	12
9	Rendement annuel en tonnes par groupes d'espèces de poissons débarquées au port de pêche de Chetaibi entre 2006 et 2016.	12
10	Evolution de la flottille de pêche du port la Grenouillère entre 2006 et 2016.	13
11	Rendement annuel en tonnes par groupes d'espèces débarquées au port de pêche d'Annaba entre 2006 et 2016.	13
12	Evolution de la flottille de pêche du port d'El Kala entre 2006 et 2016.	14
13	Rendement annuel en tonnes par groupes d'espèces débarquées au port de pêche d'El Kala entre 2006 et 2016.	14
14	Photographies montrant des caisses de sardines et de sardinelles fraîchement débarquées aux ports (a) d'Annaba et (b) d'El kala.	15
15	Photographie montrant la sardine européenne, <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792).	16
16	Carte représentant l'aire de répartition de la sardine européenne, <i>Sardina pilchardus</i> .	18
17	Photographie montrant la sardinelle ronde, <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847).	21
18	Carte représentant l'aire de répartition de la sardinelle, <i>Sardinella aurita</i> .	23
19	Photographies montrant l'anatomie générale des branchies chez <i>Sardinella aurita</i> .	26
20	Rayons de la nageoire dorsale et anale de <i>Sardina pilchardus</i> .	26
21	Photographie montrant la colonne vertébrale de <i>S. pilchardus</i> .	27
22	Différentes mesures effectuées sur les petits pélagiques. Cas de la sardine <i>Sardina pilchardus</i> (Valenciennes, 1847).	28
23	Schémas montrant la position des otolithes de l'oreille interne chez les téléostéens, (a) l'anatomie de l'oreille interne (b) et la position des otolithes dans les sacs optiques.	31
24	Paire de <i>sagittae</i> à côté d'une pièce de 5 dinars algériens	31
25	Représentation des étapes successives nécessaires à l'extraction des otolithes (pointillés rouges) chez <i>Sardina pilchardus</i> .	32
26	Protocole de nettoyage et de stockage des otolithes selon Panfili <i>et al.</i> , 2002.	32
27	Système d'acquisition et de traitement des images, équipé du logiciel TNPC 5.	33
28	Technique d'interprétation des marques de croissance à partir des otolithes de <i>S. pilchardus</i> âgée d'1 an (www.fao.org, 2016 modifiée).	34
29	Photographie d'otolithes de <i>S. pilchardus</i> montrant les 3 mesures: surface S_o (a), longueur L_o et largeur l_o (b) réalisé sur TNPC.	35
30	Calcul théorique de l'âge des poissons à partir des otolithes (FAO, 2011).	36
31	Différenciation sexuelle chez <i>S. aurita</i> . Aspect des gonades avant et après extraction chez les mâles (a et c) et chez les femelles (b et d).	42
33	Courbe à long terme de B/R et Y/R contre F, pour un régime d'exploitation donné	54
33	Diagramme de Y/R montrant le point-cible de référence $F_{0.1}$ (Cooper, 2006).	54
34	Représentation des valeurs moyennes des caractères méristiques chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	56
35	Représentation des valeurs moyennes des caractères méristiques chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	57

36	Variations des coefficients d'allométrie chez les mâles (a), les femelles (b) et la population totale (c) de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	59
37	Variations des coefficients d'allométrie chez les mâles (a), les femelles (b) et la population totale (c) de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	61
38	Paire d'otolithes <i>sagittae</i> droit (Od) et gauche (Og) observée sous loupe binoculaire en lumière réfléchie du TNPC, d'une sardine mesurant 18.3 cm.	62
39	Représentation des moyennes de la longueur des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) chez <i>S. pilchardus</i> , pêchée dans les eaux du littoral Est algérien	63
40	Droites de régression de la longueur totale du poisson (Lt) et la longueur (Lo) (a), la largeur (Io) (b) et la surface (So) (c) de l'otolithe droit de <i>S. pilchardus</i> .	64
41	Représentation des moyennes de la longueur des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) chez <i>S. aurita</i> , pêchée dans les eaux du littoral Est algérien	65
42	Droites de régression de la longueur totale du poisson (Lt) et la longueur (Lo) (a), la largeur (Io) (b) et la surface (So) (c) de l'otolithe droit de <i>S. aurita</i> .	66
43	Représentations 3D de l'évolution des 3 paramètres de croissance: taille, poids et âge des sardines (a) et sardinelles (b) pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.	67
44	Microphotographies de 2 otolithes; (a) chez <i>S. aurita</i> où il présente un bord opaque et (b) chez <i>S. pilchardus</i> où il est translucide (x 50).	69
45	Evolution du pourcentage des bords opaques et translucides des otolithes de (a) <i>S. pilchardus</i> et (b) de <i>S.aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	70
46	Distribution des fréquences de taille chez les mâles, les femelles (a) et la population totale (b) de <i>S. pilchardus</i> pêchés dans les eaux du littoral Est algérien.	71
47	Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de <i>S. pilchardus</i> par la méthode de Bhattacharya	72
48	Distribution des fréquences de taille chez les mâles, les femelles (a) et chez la population totale (b) de <i>S. aurita</i> pêchés dans les eaux du littoral Est algérien.	73
49	Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de <i>S. aurita</i> par la méthode de Bhattacharya.	74
50	Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	76
51	Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	77
52	Relation taille-poids chez les mâles (a), les femelle (b) et la population totale (c) de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	79
53	Relation taille-poids chez les mâles (a), les femelle (b) et la population totale (c) de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	80
54	Courbes théoriques de croissance pondérale chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, obtenues à partir de la méthode indirecte.	81
55	Courbes théoriques de croissance pondérale chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, obtenues à partir de la méthode indirecte.	82
56	Courbes d'abondance des mâles et des femelles en fonction de la taille chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	84
57	Evolution du sex-ratio en fonction des saisons chez <i>S. pilchardus</i> du littoral Est algérien.	84
58	Courbes d'abondance des mâles et des femelles en fonction de la taille chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	86
59	Evolution du sex-ratio en fonction des saisons chez <i>S. aurita</i> du littoral Est algérien.	87
60	Les 5 stades de maturité des gonades femelles de <i>S. pilchardus</i> et de <i>S. aurita</i> pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.	88
61	Les 5 stades de maturité des gonades mâles de <i>S. pilchardus</i> et de de <i>S. aurita</i> pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.	89
62	Ogive de 1 ^{ère} maturité sexuelle en fonction de la taille chez les mâles (a), les femelles (b) et les sexes confondus (c) de <i>S. pilchardus</i> du littoral Est algérien.	90
63	Ogive de première maturité sexuelle en fonction de la taille chez les mâles (a), les femelles (b) et les sexes confondus (c) de <i>S. aurita</i> du littoral Est algérien.	91
64	Evolutions mensuelles du R.G.S. moyen chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	92

65	Evolutions mensuelles du R.G.S. moyen chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	93
66	Evolutions mensuelles du facteur de condition K moyen de Fulton chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	94
67	Evolutions mensuelles du facteur de condition K moyen de Fulton chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	94
68	Calcul de Z par la courbe de captures selon les longueurs totales chez <i>S. pilchardus</i> (a) et chez <i>S. aurita</i> (b) (FISAT II, 2005).	95
69	Estimation de la mortalité naturelle (M) selon les méthodes de Pauly (1980) et de Djabali <i>et al.</i> (1993) chez <i>S. pilchardus</i> .	96
70	Estimation de la mortalité naturelle (M) selon les méthodes de Pauly (1980) et de Djabali <i>et al.</i> (1993) chez <i>S. aurita</i> .	97
71	Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante de la courbe de captures de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien	68
72	Probabilité de 1 ^{ère} capture de <i>S. pilchardus</i> , FISAT II (2005).	68
73	Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante de la courbe de captures de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien	99
74	Probabilité de 1 ^{ère} capture de <i>S. aurita</i> , FISAT II (2005).	99
75	Captures en nombre (a) et en poids (b) d'individus en fonction de la taille de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013.	103
76	Captures en nombre (a) et en poids (b) d'individus en fonction de la taille de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013.	105
77	Variations du nombre moyen (a) et du poids moyen (b) des survivants en fonction de la taille chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	107
78	Variations des taux de mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenue par VPA chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	109
79	Variation du nombre moyen (a) et du poids moyen (b) des survivants en fonction de la taille chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	111
80	Variations des taux de mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenue par VPA chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	113
81	Diagramme des entrées et sorties de la biomasse totale équilibrée chez <i>S. pilchardus</i> de la région Est des côtes algériennes.	114
82	Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée chez <i>S. aurita</i> de la région Est des côtes algériennes.	115
83	Représentation schématique de l'évolution du rendement et biomasse par recrue du stock exploitable chez <i>S. pilchardus</i> du littoral Est algérien.	117
84	Représentation schématique de l'évolution du rendement et biomasse par recrue du stock exploitable chez <i>S. aurita</i> du littoral Est algérien.	119
85	Image satellitaire prise en infrarouges par le satellite Mercator, montrant la distribution superficielle des températures moyennes des eaux le long du littoral Algérien sur laquelle nous avons rapporté les nombres de vertèbres caractérisant les 3 aires de stocks (1, 2 et 3) chez <i>S. pilchardus</i> en rouge et chez <i>S. aurita</i> en bleu.	123

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	page
1	Répartition des 14 wilayas maritimes par région d'Est en Ouest (MADRP, 2014).	8
2	Tailles minimales marchandes des principales espèces des petits Pélagiques.	10
3	Echelle macroscopique de maturité sexuelle des gonades (Fantana, 1969 modifié).	44
4	Distribution des valeurs moyennes des caractères méristiques étudiés chez la population totale de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien (N = 400).	55
5	Comparaison statistique, test t de Student des paramètres méristiques de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	56
6	Distribution des valeurs moyennes des caractères méristiques étudiés chez la population totale de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien (N = 400).	57
7	Comparaison statistique (test t de Student) des paramètres méristiques de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	57
8	Résultats du test (t de Student) d'homogénéité des caractères métriques des otolithes <i>sagittae</i> gauches et droits chez <i>S. pilchardus</i> du littoral Est algérien.	63
9	Equations de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie liant les 3 paramètres métriques de l'otolithe <i>sagitta</i> à la longueur totale (Lt) de <i>Sardina pilchardus</i>	63
10	Résultats du test (t de Student) d'homogénéité des caractères métriques des otolithes <i>sagittae</i> gauches et droits chez <i>S. aurita</i> du littoral Est algérien.	65
11	Equations de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie liant les 3 paramètres métriques de l'otolithe <i>sagitta</i> à la longueur totale (Lt) de <i>Sardinella aurita</i> .	66
12	Représentation des résultats de la clé âge-longueur obtenue par la lecture directe des otolithes de <i>Sardina pilchardus</i> .	68
13	Représentation des résultats de la clé âge-longueur obtenue par la lecture directe des otolithes de <i>Sardinella aurita</i> .	68
14	Représentation synthétique de la composition des tailles de l'effectif total de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	70
15	Représentation des clés âge-longueurs de <i>S. pilchardus</i> obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II, 2005).	72
16	Représentation synthétique de la composition des tailles de l'effectif total de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	73
17	Représentation des clés âge-longueurs de <i>S. aurita</i> obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II, 2005).	75
18	Représentation des paramètres de la croissance linéaire de <i>S. pilchardus</i> et de <i>S. aurita</i> du littoral Est algérien obtenus par le logiciel STATISTICA (Panfili <i>et al.</i> , 2002).	75
19	Représentation des paramètres de l'équation de la courbe de von Bertalanffy (1938) chez <i>S. pilchardus</i> obtenus par New VONBIT (Stamatopoulos, 2005).	76
20	Représentation des paramètres de l'équation de la courbe de von Bertalanffy (1938) chez <i>S. aurita</i> obtenus par New VONBIT (Stamatopoulos, 2005).	77
21	Représentation des équations de von Bertalanffy (1938) obtenus par les méthodes directe et indirecte chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i> pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.	78
22	Relation d'allométrie entre le poids total (Wt) et la longueur totale (Lt) chez <i>S. pilchardus</i> .	78
23	Relation d'allométrie entre le poids total (Wt) et la longueur totale (Lt) chez <i>S. aurita</i> .	80
24	Equations des croissances pondérales de <i>S. pilchardus</i> .	81
25	Equations des croissances pondérales de <i>S. aurita</i> .	82
26	Distribution du taux de masculinité (T_M) et du taux de féminité (T_F) par rapport aux classes de taille chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	83
27	Distribution du taux de masculinité (T_M) et du taux de féminité (T_F) en fonction des saisons chez <i>S. pilchardus</i> du littoral Est algérien.	84
28	Distribution des taux de masculinité (T_M) et de féminité (T_F) par rapport aux classes de taille chez <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien	85
29	Distribution du taux de masculinité (T_M) et du taux de féminité (T_F) en fonction des saisons chez <i>S. aurita</i> du littoral Est algérien.	86

30	Récapitulation des résultats des mortalités par pêche (F) et des taux d'exploitation (E) chez <i>S. pilchardus</i> et <i>S. aurita</i> calculés à partir des mortalités totale Z et naturelle M.	97
31	Débarquement en tonnes de <i>S. pilchardus</i> et de <i>S. aurita</i> aux ports de pêches d'Annaba, de Chetaibi et d'El Kala de novembre 2012 à octobre 2013.	100
32	Données utilisées pour le calcul de la VPA et de l'analyse de cohorte par la longueur et par l'âge chez <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	100
33	Données utilisées pour le calcul de la VPA et de l'analyse de cohorte par la longueur et par l'âge chez <i>S. aurita</i> capturée dans les eaux du littoral Est algérien.	101
34	Captures en nombre et en poids d'individus en fonction de la taille de <i>S. pilchardus</i> .	102
35	Captures en nombre et en poids d'individus en fonction de la taille de <i>S. aurita</i> .	104
36	Résultats de la biomasse exploitable obtenus par VPA de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	106
37	Différents types d'âges et de tailles obtenus par la VPA chez <i>S. pilchardus</i>	108
38	Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par VPA chez <i>S. pilchardus</i> .	109
39	Résultats de la biomasse exploitable obtenus par VPA de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.	110
40	Différents types d'âges et de tailles obtenus par la VPA de <i>S. aurita</i>	112
41	Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par VPA de <i>S. aurita</i> .	113
42	Rendements et biomasses par recrue en fonction de la mortalité par pêche (F) de <i>S. pilchardus</i> des eaux du littoral Est algérien.	117
43	Rendements et biomasses par recrue en fonction de la mortalité par pêche (F) de <i>S. aurita</i> des eaux du littoral Est algérien.	118
44	Comparaison des moyennes vertébrales chez <i>S. pilchardus</i> dans différentes régions.	121
45	Comparaison des moyennes vertébrales chez <i>S. aurita</i> dans différentes régions.	121
46	Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de branchiospines chez <i>S. pilchardus</i> dans différentes régions.	124
47	Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de branchiospines chez <i>S. aurita</i> dans différentes régions.	124
48	Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de rayons des nageoires dorsales et anales chez <i>S. pilchardus</i> dans différentes régions de la Méditerranée.	126
49	Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de rayons des nageoires dorsales et anales chez <i>S. aurita</i> dans différentes régions.	126
50	Représentation de la relation âge maximum et taille correspondante chez <i>S. pilchardus</i> dans différentes régions.	131
51	Représentation de la relation âge maximum et taille correspondante de <i>S. aurita</i> dans différentes régions.	132
52	Représentation récapitulative des paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) chez la sardine dans différentes régions du monde.	133
53	Représentation récapitulative des paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) chez la sardinelle dans différentes régions du monde.	134
54	Comparaison des paramètres de la relation taille-poids de <i>S. pilchardus</i> dans les différentes régions: (a: intercepte; b: coefficient d'allométrie).	135
55	Comparaison des paramètres de la relation taille-poids de <i>S. aurita</i> dans les différentes régions: (a: intercepte; b: coefficient d'allométrie).	136
56	Poids asymptotiques (W_{∞}) de <i>S. pilchardus</i> dans différentes régions.	137
57	Poids asymptotiques (W_{∞}) de <i>S. aurita</i> dans différentes régions.	137
58	Taille de la 1 ^{ère} maturité sexuelle de <i>Sardina pilchardus</i> dans différentes régions.	140
59	Taille de la 1 ^{ère} maturité sexuelle de <i>Sardinella aurita</i> dans différentes régions.	141
60	Représentation des répartitions mensuelles des périodes de reproduction de <i>S. pilchardus</i> en fonction des aires de répartition (carrés bleus).	143
61	Représentation des répartitions mensuelles des périodes de reproduction de <i>S. aurita</i> en fonction des aires de répartition (carrés bleus).	144
62	Représentation des variations des coefficients de mortalités naturelle M et totale Z de <i>Sardina pilchardus</i> dans différentes régions.	147
63	Représentation des variations des coefficients de mortalités naturelle M et totale Z de <i>Sardinella aurita</i> dans différentes régions.	148

LISTE DES SYMBOLES

Symbole	Explication
a	Constante de la relation d'allométrie.
b	Coefficient d'allométrie.
B	Biomasse moyenne annuelle se trouvant dans la mer pendant une année (g ou tonnes).
Bi	Biomasse moyenne annuelle de la cohorte appartenant à la classe i (g ou tonnes).
Bt	Biomasse moyenne calculée à l'âge t (g ou tonnes).
B/R	Biomasse par recrue (g).
BF	Biomasse féconde (ou SSB: Spawning Stock Biomass) (g ou tonnes).
BF/R	Biomasse féconde par recrue (g).
BF	Biomasse féconde relative (%).
Bv	Biomasse vierge (ou B_0) (g ou tonnes).
Ci	Capture en nombre de chaque âge i.
C C	Centre de classe (cm).
D	Biomasse totale équilibrée (g ou tonnes).
d.d.l	Degrés de liberté.
F	Mortalité par pêche (an^{-1}).
$F_{0.1}$	Point de référence biologique cible selon l'analyse de Y/R (an^{-1}).
$F_{\max}$	Point de référence biologique limite selon l'analyse du Y/R (an^{-1}).
F_{act}	Effort de pêche à l'état actuel d'exploitation (an^{-1}).
F_0	Effort de pêche nul (absence de pêche et stock à l'état vierge) (an^{-1}).
F30%	Point de référence biologique selon l'analyse BF/R.
G	Growth (croissance).
I	indice de classe.
I.C (a)	Intervalle de confiance de l'ordonnée à l'origine pour $\alpha = 5\%$.
I.C(b)	Intervalle de confiance de la pente pour $\alpha = 5\%$.
K	Coefficient de vitesse de croissance (an^{-1}).
Lc	Longueur moyenne de première capture (équivalente à la L_{50}) (cm).
Lm	Taille de première maturité sexuelle (cm).
Lr	Taille de recrutement (cm).
Lt	Longueur totale au temps t (cm).
L_{25}	Longueur ou 25% des poissons sont susceptibles d'être capturés (cm).
L_{50}	Longueur ou 50% des poissons sont susceptibles d'être capturés ($L_{50} = Lc$) (cm).
L_{75}	Longueur ou 75% des poissons sont susceptibles d'être capturés (cm).
L_{∞}	Longueur asymptotique (cm).
M	Mortalité naturelle (an^{-1}).
MSY	Maximum Sustainable Yield ou Capture Maximale Soutenue (g.an^{-1}).
Mx	Moyenne des x.
My	Moyenne des y.
NM	Nombre de mâles.
NF	Nombre de femelles.
NT	Nombre totale ($NT = NM + NF$).
N	Nombre d'observations.
Ni	Effectif en nombre de la classe i.
Ni+1	Nombre de survivants à la fin de l'année.
Ni	Nombre moyen annuel de la cohorte de la classe i.
N(t)	Effectif moyen de la cohorte à l'âge t.
P	Pente théorique = 3.
P_0	Pente calculée par la méthode des moindres carrés.
r	Coefficient de corrélation.
r^2	Coefficient de détermination.
R	Recrutement.
S	Taux de survie.
Spo	Ecart-type de la pente calculée.

S_x	Ecart-type de L_t .
S_y	Ecart-type de L_0 .
$S.I$	Indice de séparation qui doit être > 2 .
S_x	Ecart-type des x .
S_y	Ecart-type des y .
$SR(t)$	Sex-ratio à l'âge t .
t	Tonne.
t_0	Âge auquel la taille du poisson est théoriquement $= 0$ (an).
T_M	Taux de masculinité.
T_F	Taux de féminité.
Δt_i	Intervalle de temps.
t_0	Paramètre de croissance de von Bertalanffy (an).
t_c	Âge à la première capture (an).
t_r	Âge au recrutement (an).
t_{cri}	Âge critique du stock vierge (an) (correspondant à une longueur critique L_{cri}) (an).
t_m	Âge de première maturité (an).
VPA	Analyse de la Population Virtuelle.
W_i	Poids moyen de la cohorte de la classe i (g ou tonnes).
W_e	Poids éviscéré (g) au temps t (g).
W_g	Poids des gonades.
W_t	Poids total (g) correspondant à L_t .
W_∞	Poids corporel asymptotique (g).
$W_{(t)}$	Poids individuel moyen (g) des animaux d'âge t .
Y	Capture (ou rendement) (Yield) ($g.an^{-1}$ ou tonnes. an^{-1}).
Y/R	Rendement par recrue ($g.an^{-1}$).
Z	Mortalité totale (an^{-1}).
Z_i	Mortalités totale et par pêche de chaque âge i (an^{-1}).

LISTE DES ACRONYMES

ALMED:	Campagne d'évaluation des ressources démersales des côtes algériennes
ALPEL:	Campagne d'évaluation des petits pélagiques des côtes algériennes
CGPM:	Conseil Général des Pêches en Méditerranée.
CIEM:	Conseil International des Etudes Marines.
CNEPRU:	Commission Nationale d'Evaluation des Projets de Recherche Universitaire.
COPACE:	Comité des pêches pour l'Atlantique Centre-Est.
DGPA:	Direction Générale de la Pêche et l'Aquaculture.
DGRST:	Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique.
DPRH:	Direction des Pêches et des Ressources Halieutiques.
DPRHET:	Direction des Pêches et des Ressources Halieutiques El Tarf.
DPRHA:	Direction des Pêches et des Ressources Halieutiques Annaba.
ELI:	Eau Levantine Intermédiaire.
FAM:	France Agri Mer.
FAO:	Food and Agriculture Organization.
FISAT II:	Logiciel d'Analyse des données des fréquences de longueurs et évaluation des stocks.
ICCAT:	International Commission of Conservation of Atlantic Tuna.
ICES:	International Council for the Exploration of the Sea.
INGV :	Institut national de géophysique et de vulcanologie.
JORA:	Journal officiel de la République Algérienne.
LEM:	Laboratoire d'études maritimes.
LRP :	Limit Reference Points.
MADRP:	Ministère, de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
MATET:	Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme.
MAW:	Modification Atlantique Water.
MPRH:	Ministère de la pêche et des ressources halieutiques.
MESRS:	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
NAFO:	North Atlantic Fisheries Organization.
NOAA:	National Oceanographic and Atmospheric Administration.
ONG:	Organisation non gouvernementale.
PCP:	Politique commune de la pêche.
PNR :	Projets nationaux de recherche.
PRB:	Points de Référence Biologique.
RMD:	Rendement Maximal Durable.
TRP:	Target Reference Points.
VIT:	Software for fishery analysis.
VONBIT:	Nouvelle version logicielle du modèle de croissance von Bertalanffy.
WWF:	World Wide Fund for Nature.

Introduction

Introduction.

L'effondrement et la raréfaction d'un grand nombre de stocks halieutiques à travers différentes régions du monde animent depuis des années les débats internationaux. L'augmentation incessante de la pression de pêche sur des stocks halieutiques, malgré leur aptitude à s'autorenouveler, est désignée comme étant la principale cause de la diminution des abondances des ressources halieutiques et constitue la plus grande menace au développement durable de l'activité de pêche. Selon les estimations établies par la FAO en 2016, près de 31.4% des stocks de poisson sont surexploités, 58.1 % pleinement exploités et seulement 10.6% sous-exploités. En Méditerranée, la Commission Générale des Pêches (CGPM, 2016) estime la situation plus inquiétante encore avec 96% des stocks de poissons en état de surpêche.

La préservation et la gestion raisonnée des ressources halieutiques sont une priorité mondiale aussi une attention particulière est portée aux petits pélagiques dont la pêche et l'industrie de transformation font vivre 14 à 17% de la population mondiale.

En Méditerranée, plus de 300.000 personnes sont employées dans la flotte de pêche, majoritairement composée de petits bateaux avec 80% de navire de moins de 10 m de long (FAO, 2016). En consultant les relevés du Comité scientifique, technique et économique pour les pêches qui fournit la Commission en statistiques, la coalition d'ONG et de consultants spécialisés, MedReAct, a ainsi repéré quelques cas accablants. Dans la mer Adriatique par exemple, on a pêché 5 fois trop de merlus en 2012 par rapport au rendement maximum durable et 2 fois trop de sardines et d'anchois en 2013. Du côté de Malte et de la Sicile, on a le filet 4 fois trop lourd sur le rouget barbet. Les records dans les eaux du nord de l'Espagne et du Golfe du Lion surpassent tout: on y attrape 10 fois trop de merlus et de merlans bleus. Le diagnostic de la Commission européenne sur les populations de poissons ne laisse planer aucun doute sur l'état déplorable du malade. A l'ouest, entre les côtes espagnoles et la mer Tyrrhénienne, 96% des stocks sont surexploités. A l'est, autour de la Crète et de Chypre, ce sont 91% des populations de poissons qui sont pressurées au-delà du raisonnable. Le pire étant les zones centrales, où se retrouvent les bateaux de pêche de tous les pays riverains dont l'Algérie où 93% de poissons bleus sont surexploités (FAO, 2016).

La Déclaration de Malte dite «MedFish4Ever» a été notamment paraphée par: la Commission européenne; 8 états membres côtiers de l'UE: l'Espagne, la France, l'Italie, Malte, la Slovaquie, la Croatie, la Grèce et Chypre; 7 pays tiers: Maroc, Algérie, Tunisie, Égypte, Turquie, Albanie et Monténégro; la FAO; la Commission générale des pêches pour la

Méditerranée (GFCM) et le Parlement européen. Les signataires s'engagent à s'assurer que d'ici à 2020 les principaux stocks de poissons soient régulièrement évalués de manière précise et scientifique. Ils devront également établir «un plan de gestion pluriannuel pour toutes les zones de pêche-clés» et «éliminer la pêche illégale». Enfin, ils s'engagent à soutenir financièrement des projets locaux de pêche durable.

En Algérie, l'activité de pêche a longtemps été marginalisée et alignée parmi les secteurs non stratégiques; elle a pu reconquérir sa place relative aux potentialités qu'elle recèle depuis 2000 avec un ministère dédié spécifiquement à la pêche, à l'aquaculture et à la ressource halieutique (MPRH) qui a été associé en 2012 à l'agriculture et au développement rural (MADRP).

Avec une façade maritime de plus de 1620 km et une surface réservée à la pêche évaluée à environ 10.10^6 hectares, l'activité de pêche dispose de 44 ports réparties en 3 catégories: ports mixtes, ports de pêche et abris de pêche, d'une flottille forte de 4035 unités: 552 chalutiers, 1295 senneurs, 3160 petits métiers et 17 thoniers, 11 corailleurs et d'un effectif marin de 48 072 (MADRP, 2016). Ce secteur a pu développer une activité économique méritant toute l'attention, en disposant d'un potentiel appréciable, constitué d'une ressource humaine qualifiée dans le domaine de la pêche et de moyens techniques considérables, en mesure de contribuer efficacement à la sécurité alimentaire du pays, à la création d'emplois et à la consolidation économique du pays.

Depuis les années 60, plusieurs campagnes d'évaluation des ressources halieutiques ont été exécutées. Après l'acquisition en 2010 du navire de recherche scientifique "Grine Belkacem" un programme d'évaluation des ressources halieutiques nationales a été mis en place par le Centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture (Cnrdpa) axé sur 4 campagnes:

- La 1^{ère} campagne ALPEL 2011, effectuée en octobre 2011 a permis d'évaluer les ressources pélagiques ou poisson bleu (sardine, sardinelle, allache, anchois, bogue et bonite).
- La 2^{ème} campagne ALMED 2012, lancée en mai 2012 a visé l'actualisation des données et informations concernant l'état d'exploitation des ressources démersales des fonds chalutables ainsi que leur tendance de croissance.
- La 3^{ème} campagne ALPEL 2014 effectuée en mars 2014 a estimé la biomasse et la répartition des 8 espèces pélagiques à savoir, la sardine, l'anchois, l'allache, la bogue les saurels (*T. mediterraneus*, *T. trachurus* et *T. picturatus*) et le maquereau.
- La 4^{ème} campagne ALMED 2017, destinée à récolter des données pour la modélisation de la dynamique des espèces démersales (rougets, pageot acarne, merlu, merlan

bleu, mostelle, baudroie, crevettes profondes, langoustine, calamar, seiche et poulpe) s'est achevée en août 2017.

Les résultats de la campagne ALPEL 2014 estiment la biomasse totale à 600.000 t et limitent les stocks exploitables de petits pélagiques à 220.000 t / an. Ils montrent que la pêche portant sur la sardine et la sardinelle représente le principal potentiel halieutique totalisant 80% des captures (MADRP, 2016). En effet ces poissons prennent part d'une manière significative dans la rentabilisation du métier de la pêche, et participent en grande partie à l'approvisionnement du consommateur en protéines animales marines à coût plus au moins abordable. C'est pour ces raisons que la sardine et la sardinelle sont un matériel biologique de choix pour les chercheurs. La connaissance de la structuration des populations et l'identification des stocks sont une phase fondamentale du processus d'aménagement et de gestion d'une pêcherie (Quetglas *et al.*, 2012). La perception des ressources halieutiques à travers les différentes composantes, institutionnelle, législative, organisationnelle mais surtout celles relatives aux menaces des stocks, constitue sans doute un des éléments clés dans la mise en place d'une stratégie de conservation durable, rentable et efficace.

C'est dans ce cadre, que nous avons situé la problématique de cette thèse que nous avons axé sur l'état de santé des stocks de la sardine et de la sardinelle exploités dans le littoral Est algérien. Nous avons cherché à connaître le total admissible de capture (TAC) qui puisse être autorisé sans affecter la capacité des réserves à se régénérer. Pour cela, nous avons évalué les stocks de ces 2 Clupéidés lors d'un cycle biologique entre novembre 2012 et octobre 2013.

Plusieurs travaux ont déjà été menés sur ces espèces dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique où divers aspects ont été traités dont la morphologie, la biologie et la physiologie de la reproduction, l'âge, la croissance, le recrutement ou encore la génétique.

Pour la sardine *Sardina pilchardus*, nous citerons entre autres les travaux de Fage (1920), Furnestin (1950), Andreu *et al.* (1950), Andreu (1953), Mozzi (1959), Lee (1961), Rodriguez - Roda (1970), Larrañeta (1975), Bravo de Laguna *et al.* (1976), Quignard et Kartas (1976), Belvèze et Rami (1978), Copace (1978), Guerauld et Avrilla (1978), Guerauld (1980), Alvarez (1980), Bouchereau (1981), Kartas (1981), Delgado *et al.* (1981), Krzeptowski (1983), Idrissi et Zouiri (1985), Mouhoub (1986), Sinovic (1986), Bencherifi (1989), Morales-Nin et Pertierra (1990), Campillo (1992), Alemany (1993), Abad et Giraldez (1993), Mendez-Vilamil Mata *et al.* (1997), Brahmi *et al.* (1998), Mater et Bayhan (1999), Amenzoui *et al.* (2001), Cheniti (2003), Voulgaridou et Stergiou (2003), Gaamour *et al.*

(2004), Silva *et al.* (2004), Sinovčić *et al.* (2004), Gaamour *et al.* (2004), Amenzoui *et al.* (2006), Khemiri (2006), Silva *et al.* (2006), Chlaïda *et al.* (2008), Sinovčić (2010), Amenzoui (2010), Kada (2010), Brahmi *et al.* (1998), Mater et Bayhan (1999), Bedairia (2011), Bouaziz *et al.* (2014), Bouhali (2016) ou encore Ladaimia (2017).

Pour la sardinelle *Sardinella aurita*, de nombreuses études ont été réalisées, nous citerons celles de Fage (1920), Bounhiol (1921), Navarro (1927), Navarro (1932), Fage (1947), Ananiades (1951), Oliver (1952), Oliver et Navarro (1952), Ananiades (1952), Furnestin (1952), Andreu (1953), Rossignol (1955), Rossignol (1956), Ben-Tuvia (1956), Monteiro (1956), Dieuzeide et Roland (1957), Ben -Tuvia (1958), Maurin et Lee (1960), Postel (1960), Marchal (1964), Boely et Champagnat (1966), Gheno (1968), Botros *et al.* (1970), Fontana et Pianet (1973), Pham-Thuoc et Szypula (1975), Quignard (1976), Conand (1977), Boely *et al.* (1978), Kartas (1981), Bebars (1981), Boely *et al.* (1982), Belifa *et al.* (1984), Wysokinski (1986), Camarena Luhrs (1986), Cheibany (1990), Anyangwa (1991), Chavance et Krivospichenko (1991), Petrakis et Stergiou (1995), Merella *et al.* (1997), Coude (1999), Quatey et Maravelias (1999), Athanassios *et al.* (2006), Santamaría *et al.* (2008), Gaamour *et al.* (2001), Moutopoulos et Stergiou (2002), Sennai Cheniti (2003), Koutrakis et Tsikliras (2003), Sinovčić *et al.* (2003), Tsikliras et Antonopoulou (2004), Gaamour *et al.* (2004), Tsikliras *et al.* (2005), Bouaziz (2007), Belouahem (2010), Samba (2011) ou encore Baali *et al.* (2015).

Cette synthèse bibliographique laisse paraître quelques insuffisances sur la thématique consacrée à la dynamique des stocks exploités de ces 2 espèces dans le littoral algérien, mise à part les travaux de Bouaziz (2007) et Bouaziz *et al.* (2014) dans la région centre et ceux de Belouahem (2010) et Bedairia (2011) à l'Est des côtes algériennes. Ainsi l'amélioration de la compréhension de la structure des populations et l'identification biogéographique des stocks apporteront un plus dans l'amélioration des stratégies de mise en place des mesures de gestion appropriées de ces pêcheries. Dans ce contexte, nous nous sommes fixés 3 objectifs :

- compléter les données biologiques sur *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*.
- déterminer la structure de l'âge et de la croissance en fonction de la taille et du poids.
- diagnostiquer l'état des stocks et leurs exploitations afin de contribuer à l'amélioration et surtout à la préservation de ces ressources en vue d'élaborer des recommandations d'aménagement et de gestion durable de ces ressources en établissant des valeurs cibles de référence ou des Points de Référence Biologique et en fixant la valeur du Total Admissible de Capture (TAC).

Pour cela, nous avons adopté le développement suivant:

La **1^{ère} partie**, concernera l'étude des caractéristiques biométriques de la morphologie des 2 espèces *S. pilchardus* et *S. aurita*.

Dans la **2^{ème} partie**, l'étude portera sur l'âge et la croissance de nos 2 espèces, en utilisant 2 méthodes: otolithométrie (directe) et méthode de Bhattacharya (1967) (indirecte).

La **3^{ème} partie**, sera relative à la reproduction, où nous aborderons les cycles sexuels de nos 2 clupéidés à travers le sex-ratio, la taille à la 1^{ère} maturité sexuelle, l'état d'embonpoint et la période de ponte.

Les **4^{ème} et 5^{ème} parties** seront relatives à l'étude de la mortalité et des conditions d'exploitation de *S. pilchardus* et *S. aurita*.

Les différents résultats obtenus seront ensuite discutés tout en mettant l'accent sur leurs intérêts pour une meilleure gestion des stocks. Enfin, une conclusion, permettra de proposer des recommandations et perspectives tangibles.

Généralités

1. Généralités.

1.1. Caractéristiques générales du littoral algérien.

Le littoral algérien est localisé au sud du bassin méditerranéen à une latitude de 35 à 40° Nord pour une longitude de 2° Ouest à 7°45' Est, sa façade maritime qui s'étend sur 1622 Km (MATET, 2009), alterne rivages, plages sablonneuses et zones humides. Situé entre la frontière Algéro-marocaine à l'Ouest à la frontière Algéro-tunisienne à l'Est (fig.1), il est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception dans la région de Ghazaouet (wilaya de Tlemcen) à l'extrême Ouest et la région d'El Kala (wilaya d'El Tarf) à l'extrême Est (Benzohra et Millot, 1995). La superficie maritime sous juridiction nationale offre environ 10.10^6 d'hectares aux activités de la pêche, mais la majeure partie de la flottille exploite seulement le plateau continental. Les bandes les plus larges se situent sur les côtes occidentales et orientales du littoral, elles sont séparées par une zone centrale où les aires de pêche sont limitées (Lalami, 1979; Hemida, 2005).



Figure 1: Carte représentative du littoral algérien (pointillés rouges) entre le Maroc et la Tunisie (www. wikipedia.org, modifiée).

Le littoral algérien se caractérise par une côte basse correspond à un plateau continental large à pente faible et une côte élevée (massif montagneux, falaises côtières) correspondant à un plateau continental réduit ou parfois inexistant et une marge continentale escarpée (Boutiba, 1992). La sédimentation de ses fonds marins conditionne la nature et la mise en place de sa flore et de sa faune benthique et ichtyologique (Leclaire, 1972). Cette zone est fortement influencée par les facteurs hydrologiques du bassin méditerranéen (Boutiba, 1992), c'est un secteur clé pour la circulation générale dans la Méditerranée occidentale (Puillat et *al.*, 2002) et un réservoir où l'eau d'origine atlantique s'accumule avant

de s'écouler vers le Nord et vers l'Est (Milot,1985). La côte algérienne est caractérisée par 2 couches d'eaux superposées, l'eau Atlantique modifiée et l'eau Méditerranéenne. L'eau Atlantique pénètre dans la mer d'Alboran où ses caractéristiques initiales changent pour donner naissance à l'eau atlantique modifiée (Benzohra, 1993). Cette dernière constitue l'essentiel du courant algérien en pénétrant (Milot, 1987; Milot, 1993 et Benzohra, 1993) sous forme d'une veine de courant étroite à l'origine de méandres et de tourbillons côtiers associés aux upwellings (fig. 2) favorisant la productivité biologique et les capacités trophiques du milieu.

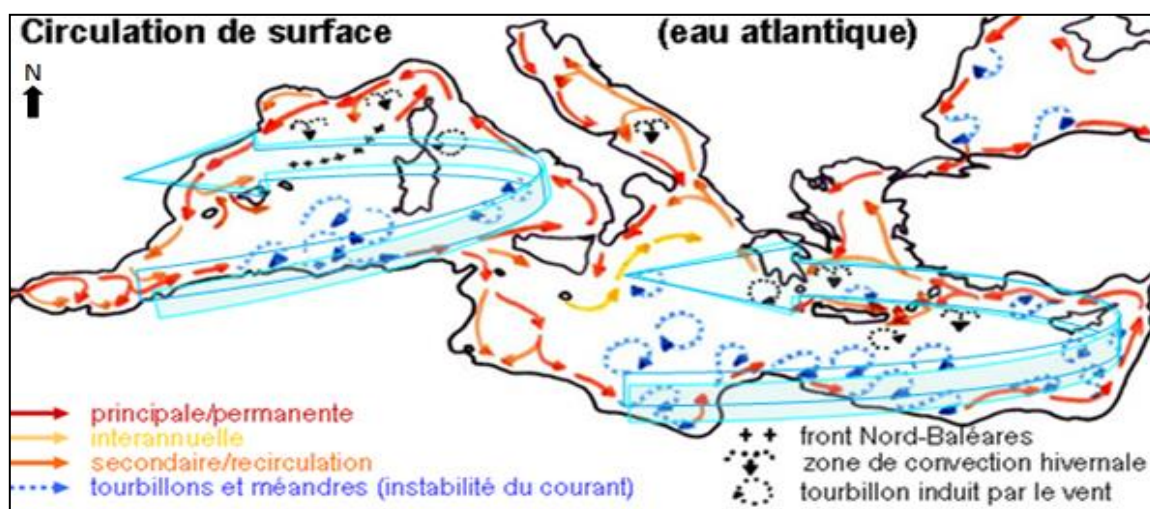


Figure 2: Carte montrant la circulation de surface des courants en Méditerranée (Milot et Taupier - Letage, 2005 modifiée).

La salinité peut varier d'une région à une autre au sein du bassin méditerranéen et ses concentrations sont selon Guillard *et al.*, (2004) étroitement liées à l'hydrodynamisme, ses valeurs varient entre 36,4‰ à l'Ouest et 37.6‰ à l'Est (Assassi, 2001) (fig.3).

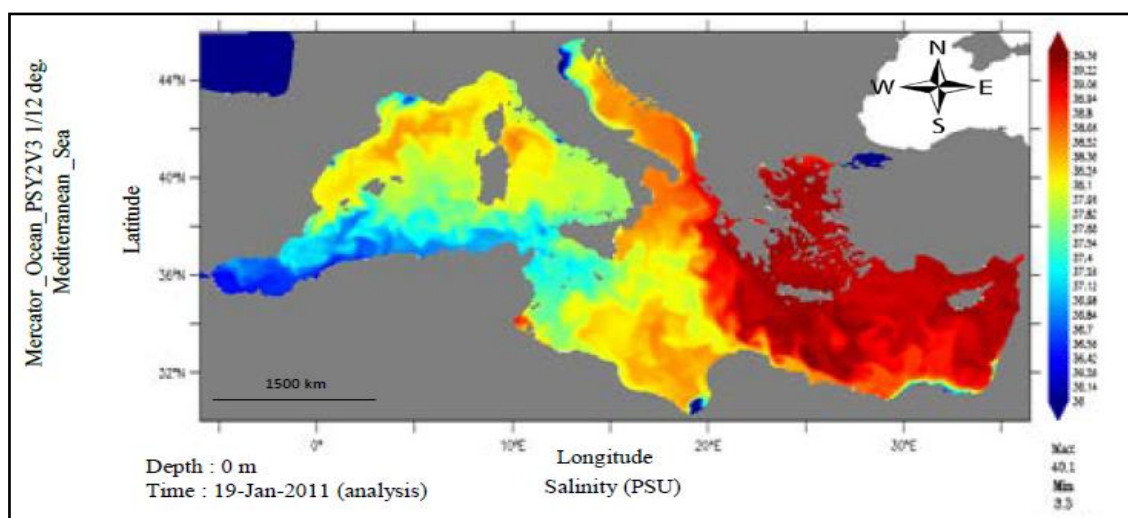


Figure 3: Image satellitaire montrant le gradient de salinité de surface dans le bassin méditerranéen (Milot et Taupier - Letage, 2011).

La température de l'eau atlantique qui longe les côtes algériennes détermine les périodes de migrations, de reproduction et d'autres facteurs étho-physiologiques. Elle fluctue superficiellement entre 10.8 et 15.5°C en hiver et 20 à 24°C en été (Ghaidalia et Bourgeois, (1961) (fig. 4).

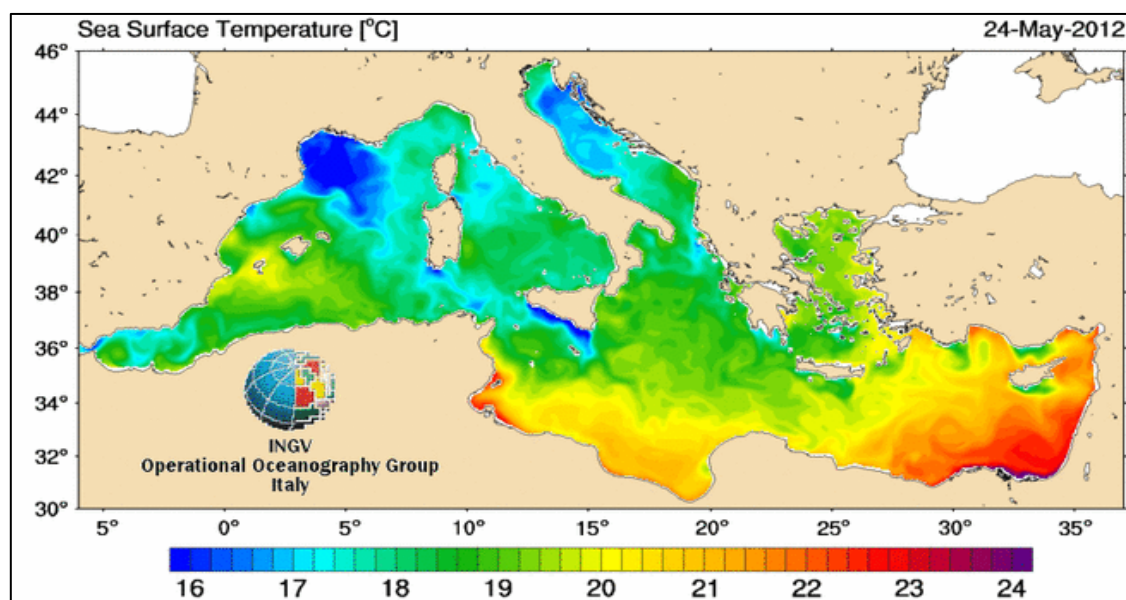


Figure 4: Image satellitaire montrant les variations des températures des eaux de surface dans le bassin méditerranéen en mai 2012 (INGV, 2012)

1.2. Activités de la pêche en Algérie.

Le secteur de la pêche est considéré comme une activité économique à part entière, par sa capacité de contribuer à l'amélioration des besoins alimentaires, à la création d'emplois et à la consolidation de l'économie nationale. Toutefois, les efforts consentis par les pouvoirs publics, pour la relance de ce secteur, devraient prendre en considération l'état du potentiel naturel (ressources) et les exigences de la société. La frange côtière algérienne, est composée de 14 wilayas, représentée par 14 directions de pêche et aquaculture «DPRH» relevant du Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques «MPRH» qui depuis 2012 est devenu Ministère, de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche «MADRP» (JORA, 2016) (tab. 1).

Tableau 1: Répartition des 14 wilayas maritimes par région d'Est en Ouest (MADRP, 2014).

Région	Directions de wilayas (DPRH)
Est (4 wilayas)	El Tarf, Annaba, Skikda et Jijel.
Centre (5 wilayas)	Bejaia, Tizi Ouzou, Boumerdès, Alger et Tipaza,
Ouest (5 wilayas)	Chlef, Mostaganem, Oran, Ain Témouchent et Tlemcen.

- **Les ports de pêche et sites de débarquement:** l'activité de pêche en Algérie se distingue par son caractère traditionnel, elle se pratique sur tout le littoral. Il existe sur la côte 75 points

de débarquement, parmi lesquels on distingue 44 ports de pêche, 23 plages d'échouages et 8 abris de pêche (MPRH, 2010).

- **La flotte de pêche** s'articule autour de 3 grands types d'embarcations (fig. 5):

- **Les chalutiers**, destinés, principalement à la capture du poisson demersal (poisson de fond) appelé communément «poisson blanc».

- **Les sardiniers** (senneurs), destinés à la capture du poisson pélagique (de surface) appelé également «poisson bleu».

- Enfin **les petits métiers**, appellation locale qui désigne les petites embarcations, destinés principalement à la pêche de l'espadon et des Sparidés. En 2015 l'état a accordé des aides qui ont permis d'acquérir 247 embarcations (MADRP, 2016).

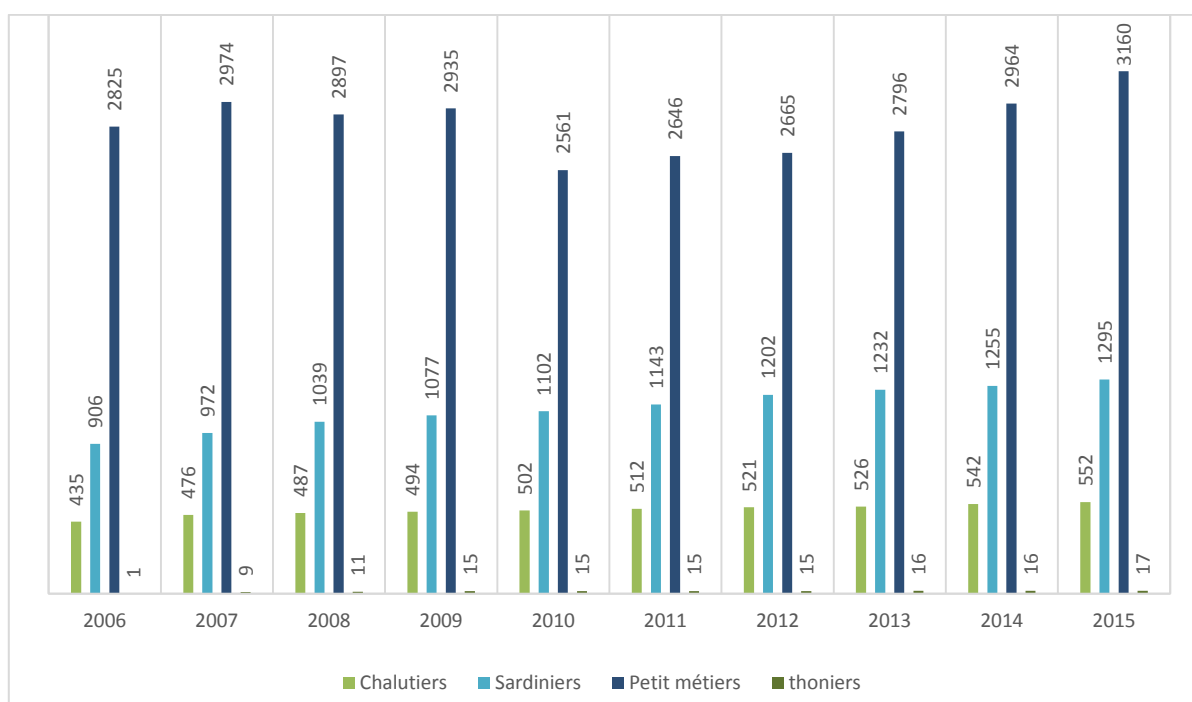


Figure 5: Evolution décennale de la flotte de pêche en Algérie entre 2006 et 2015 (MADRP, 2016).

- **Production halieutique en Algérie:** Alors qu'en Méditerranée, les espèces pélagiques totalisent presque 50% des débarquements annuels (Ramon et Castro, 1997; Leonard et maynou, 2003; Barazi-Yeroulanos, 2010; FAO, 2016), en Algérie, elles constituent environ 88% de la production totale nationale contre 12% pour les crustacés, mollusques et poissons démersaux) (fig. 6) (MADRP, 2016).

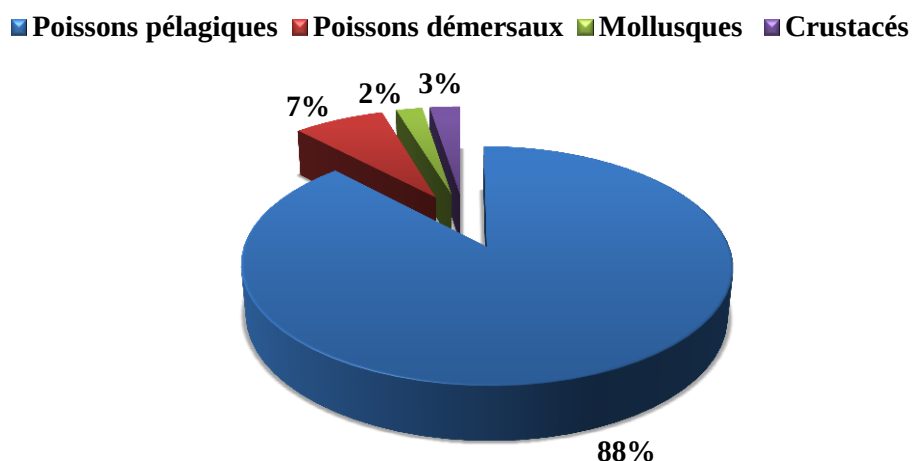


Figure 6: Répartition de la production halieutique par groupes d'espèces (MADRP, 2016).

- **Principales réglementations appliquées au secteur de la pêche:** le secteur de la pêche a inscrit sa politique de gestion et de développement dans un cadre responsable et durable. La loi N° 01-11 du 03 juillet 2001 (MPRH, 2004) relative à la pêche et à l'aquaculture a consacré un ensemble de principes et de dispositions devant permettre: une exploitation rationnelle, une protection de l'environnement et des ressources halieutiques, une maîtrise des connaissances des ressources biologiques à travers une évaluation scientifique régulière. Il s'agit notamment des textes traitants 5 aspects: l'autorisation de pêche, la délimitation des zones de pêche, la classification des engins de pêche, la limitation des tailles minimales marchandes (tab. 2) et le contrôle-surveillance (voir détail en annexe 1).

Tableau 2: Tailles minimales marchandes des principales espèces des petits pélagiques (MPRH, 2012).

Espèce	Taille minimales marchandes (cm)
Sardine , <i>Sardina pilchardus</i>	11
Allache , <i>Sardinelle aurita</i>	14
Fausse allache , <i>Sardinella maderensis</i>	20
Chichard , <i>Trachurus trachurus</i>	15
<i>Trachurus mediterraneus</i>	16
<i>Trachurus picturatus</i>	17
Bogue , <i>Boops boops</i>	15
Maquereau , <i>Scomber scombus</i>	20
Anchois , <i>Engraulis encrasicolis</i>	09
Sérieole (limon) , <i>Seriola dumerili</i>	35
Barracuda / Brochet , <i>Sphyraena sphyraena</i>	25
Saint pierre , <i>Zeus faber</i>	30
Melva , <i>Auxisrochei</i>	22
Palomine (liche glauque) , <i>Trachinotus ovatus</i>	20

Matériel et méthodes

2. Matériel et méthodes.

2. 1. Caractéristiques de la zone d'étude.

La zone d'étude est située à l'extrême Est du littoral algérien, entre Chetaïbi à l'Ouest et El Kala à l'Est, on a successivement la baie de Chetaïbi, le golfe d'Annaba et le littoral d'El-Kala (fig. 7).

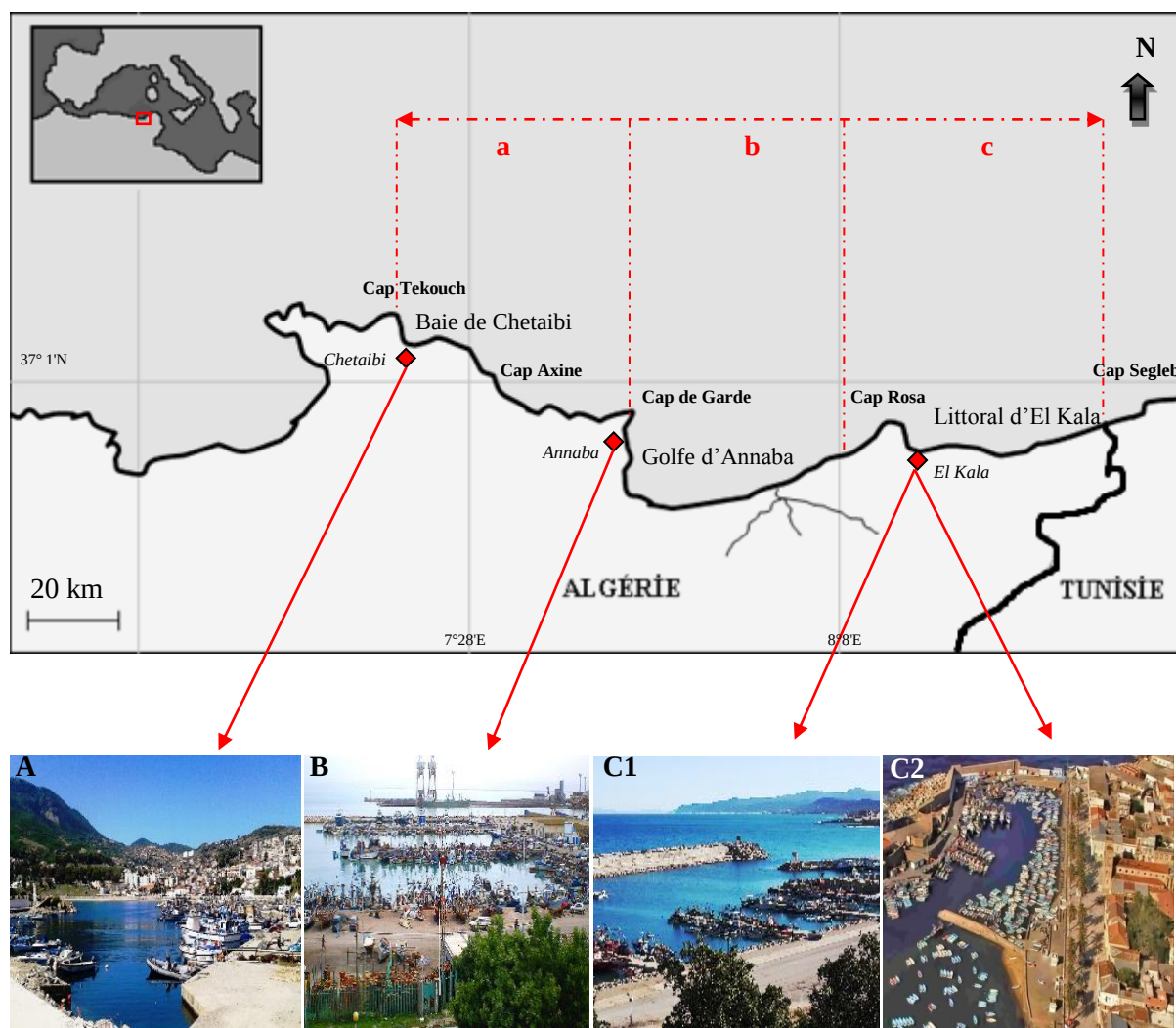


Figure 7: Limites géographiques des zones de pêche et photographies des ports correspondants, a: Baie de Chetaïbi, b: Golfe d'Annaba, c: Littoral d'El-Kala à partir desquelles nous avons échantillonné nos espèces pélagiques.

- **Le port de pêche de Chetaïbi** est situé à environ 70 km à l'Ouest d'Annaba, ouvert au Sud, est protégé par le Cap Takouch et par une digue Est de 180 m de longueur. Il est caractérisé par les coordonnées géographiques suivantes: Latitude Nord: 37° 04' 04'' et longitude Est: 07° 83' 03'' (fig.7A), sa flottille de pêche est composée de chalutiers, sardiniers et petits métiers, elle est passée de 140 embarcations en 2006 à 98 en 2016 (fig. 8).

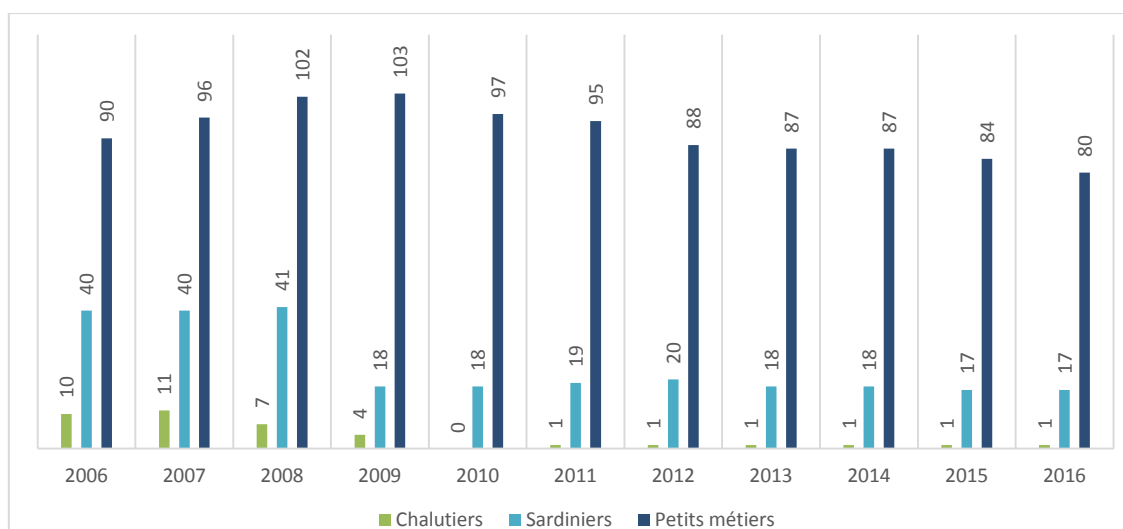


Figure 8: Evolution de la flottille de pêche du port de Chetaïbi entre 2006 et 2016.

La baie de Chetaïbi, recèle d'un potentiel halieutique non négligeable, composé essentiellement de poissons bleus dont les tonnages respectifs sont passés de 1172.5 en 2006 à 790.2 en 2016 (fig.9).

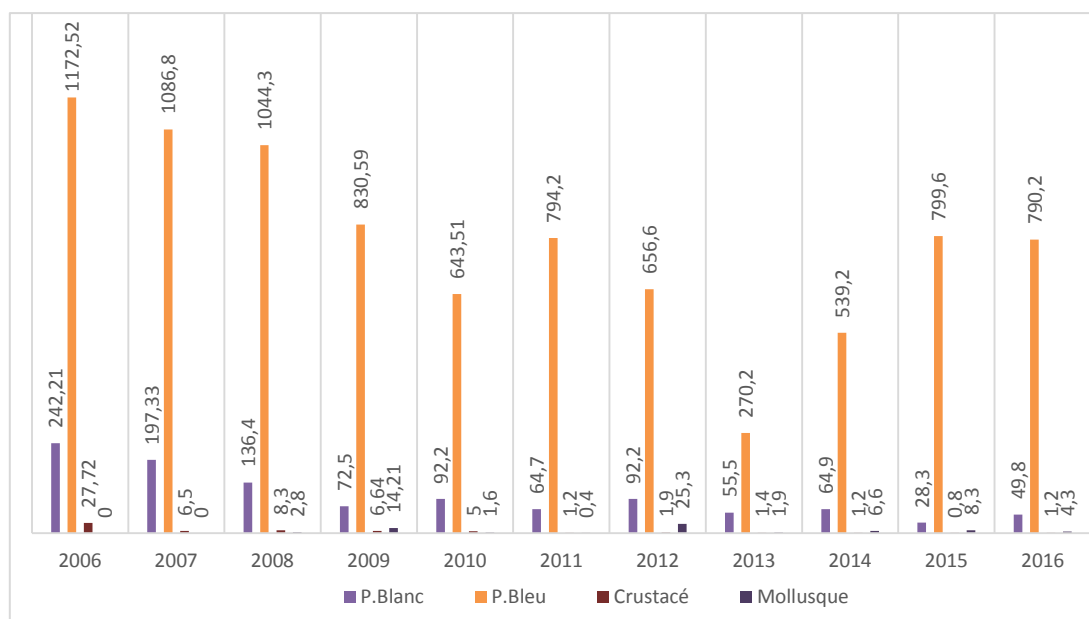


Figure 9: Rendement annuel en tonnes par groupes d'espèces de poissons débarquées au port de pêche de Chetaïbi entre 2006 et 2016.

- **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, il est caractérisé par son étroitesse vu son emplacement au sein des organismes urbains, (fig.7 B). Sa flottille de pêche est constituée de chalutiers, sardiniers et petits métiers, composée de 292 embarcations en 2006, elle a atteint 504 en 2016 (fig.10).

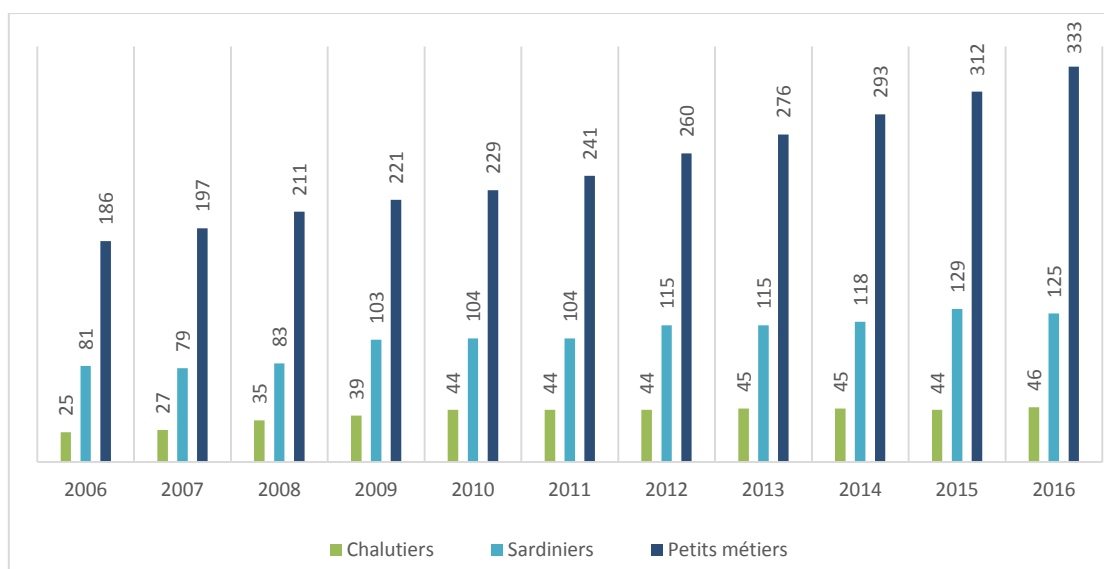


Figure 10: Evolution de la flottille de pêche du port la Grenouillère entre 2006 et 2016.

La pêche dans le port d'Annaba est dominée par les poissons bleus. Leurs tonnages sont passés de 5301.1 en 2006 à 4274.6 en 2016 (fig. 11).

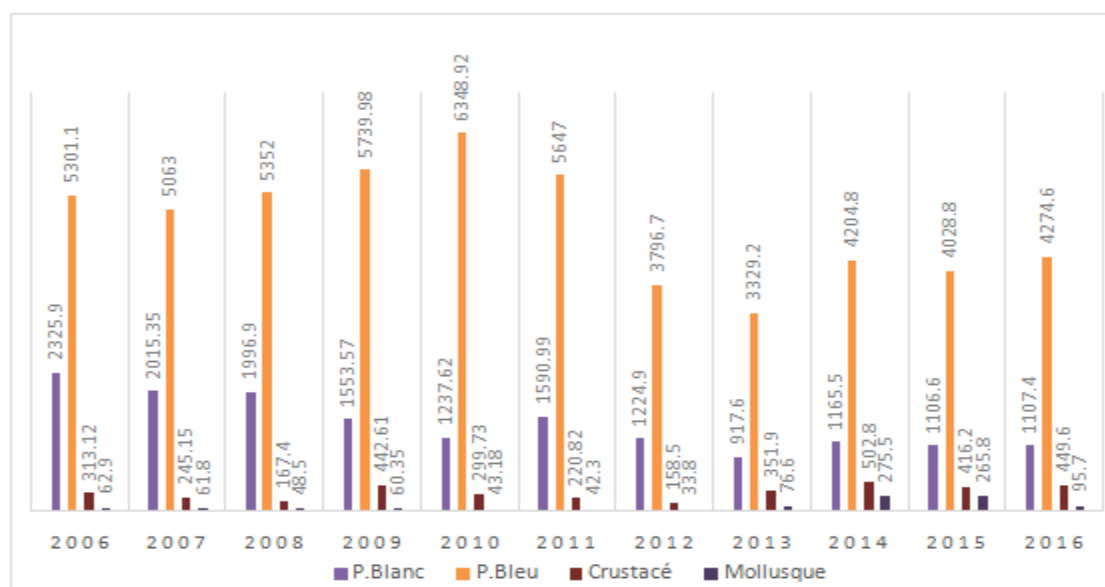


Figure 11: Rendement annuel en tonnes par groupes d'espèces débarquées au port de pêche d'Annaba entre 2006 et 2016.

- **El kala** dispose de 2 ports de pêche, distante de 77 km d'Annaba, le 1^{er} port se situe à une latitude Nord: 36°54'09'' et une longitude Est: 06°06'24'' et le second à une latitude Nord: 36°54'1,02'' et longitude Est : 08°25'23,94'' (figs.7 C1 et 7 C2).

Comme pour les ports de Chetaïbi et d'Annaba, la flottille de pêche des ports d'El kala est composée de chalutiers, sardiniers et petits métiers (fig.12), elle a augmenté entre 2006 et 2016 en passant de 170 à 228 embarcations.

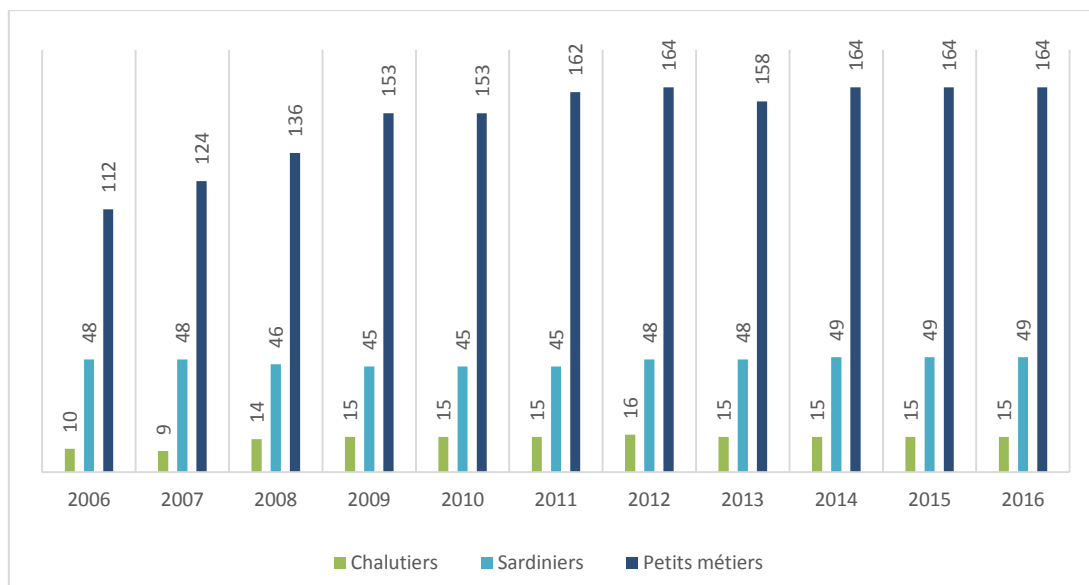


Figure 12: Evolution de la flottille de pêche du port d'El Kala entre 2006 et 2016.

Dans ces 2 ports, la pêche est également dominée par les poissons bleus, leurs tonnages respectifs sont passés de 2030 en 2006 à 1348.36 en 2016 (fig. 13).

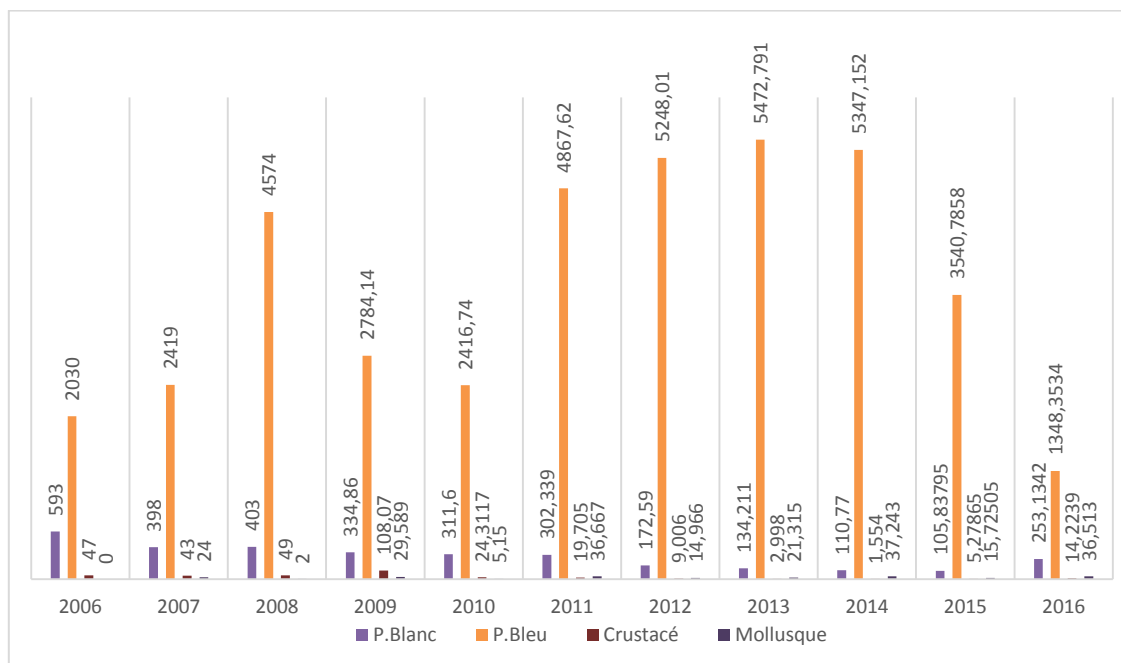


Figure 13: Rendement annuel en tonnes par groupes d'espèces débarquées au port de pêche d'El Kala entre 2006 et 2016.

2.2. Technique d'échantillonnage

Notre échantillonnage est mensuel et de type aléatoire, il est réalisé directement lors des débarquements (fig. 14), les chalutiers et sardiniers dans les 4 ports de pêche: Chetaïbi (fig. 7A), Annaba (fig. 7B), et El kala ancien et nouveau (figs. 7C1 et 7C2), et dans les pêcheries d'Annaba. Ainsi, de **novembre 2012 à octobre 2013**, **2179** individus dont **1146** sardines *Sardina pilchardus* et **1033** sardinelles *Sardinella aurita*, toutes tailles confondues, ont été étudiés.



Figure 14: Photographies montrant des caisses de sardines et de sardinelles fraîchement débarquées aux ports (a) d'Annaba et (b) d'El kala. Noter l'utilisation du bois dans les 2 ports de pêche, malgré son interdiction depuis décembre 2010 (Dahel, 2018).

2.3. Matériel biologique

2.3.1. La sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792).

Les espèces les plus communes de sardines correspondent aux genres *Sardina* et *Sardinops* qui avec les genres *Engraulis* (Anchois), *Scomber* (maquereaux), *Boops* (bogue) et *Trachurus* (chinchards) constituent le groupe des petits pélagiques (PP) qui dominent les eaux tempérées et subtropicales (Lavoué *et al.*, 2007; Kurc, 2009). Les sardines appartiennent à un groupe taxonomique complexe qui regroupe les poissons pélagiques marins ou dulçaquicoles comme les aloses et les harengs (Lavoué *et al.*, 2007). Les 2 principaux genres de sardines se répartissent dans les différentes zones d'upwellings du monde, où les eaux sont froides à tempérées et où la production primaire est importante (Whitehead, 1985; Parrish *et al.*, 1989). Dans le genre *Sardina*, il n'existe qu'une seule espèce, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), ou sardine européenne (fig. 15).

Sur le plan systématique, elle occupe la position suivante:

Embranchements:	Chordés
Sous Embranchement:	Vertébrés
Super classe:	Osteichthyens
Classe:	Actinopterygiens
Sous classe:	Néopterygiens
Infra-classe:	Téléostéens
Super ordre:	Culpeomorpha
Ordre:	Clupéiformes
Sous ordre:	Clupéoïdés
Famille:	Clupéidés
Genre:	<i>Sardina</i>
Espèce:	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)



Figure 15: Photographie montrant la sardine européenne, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792). Noter la rangée de taches sombres qui longe le flanc.

Plusieurs synonymes scientifiques ont été attribués à *S. pilchardus*, parfois utilisés, mais non validés (Doris, 2016) on a chronologiquement:

Arengus minor (Cornide, 1788)
Alosa pilchardus (Walbaum, 1792)
Clupea harengus pilchardus (Walbaum, 1792)
Clupea pilchardus (Walbaum, 1792)
Clupea pilchardus (Bloch, 1795)
Clupanodon sardina (Risso, 1827)
Sardina pilchardus sardina (Risso, 1827)
Clupea sardinia (Lowe, 1837)
Clupea laticosta (Lowe, 1843)
Sardina dobrogica (Antipa, 1904)

Le mot sardine dérive de *sarda* «poisson abondant sur les côtes de Sardaigne» et c'est un terme latin *sardina* qui veut dire «poisson» (Cntrl, 2012). Selon les régions, plusieurs noms vernaculaires sont attribués à la sardine (Doris, 2016).

Grèce: Sardèlla
Turquie: Sardalya
Italie: Sardina
France: Sardine
Portugal: Sardinha
Pays-Bas: Sardien
Tunisie: Sardina
Algérie: Sardina

2.3.1.1. Description de l'espèce.

La Sardine est un poisson ayant un corps élancé, de section ovale et une série de scutelles sur le profil ventral, mais ne formant pas de carène très aigue.

- Une mâchoire légèrement saillante et une carène ventrale peu développée.
- Des opercules portent des cannelures radiaires, leur partie inférieure présente 3 à 5 stries rayonnantes très marquées, alors que le bord postérieur de la fente operculaire est sans excroissances charnues avec 44 à 68 branchiospines sur la partie inférieure du 1^{er} arc branchial.
- Une nageoire dorsale située en avant des pelviennes et une anale caractérisée par un allongement au niveau des 2 derniers rayons (Holden *et al.*, 1974).
- Un dos bleu-vert, olive occasionnellement, les flancs sont dorés et le ventre argenté, une rangée de taches sombres longe chaque flanc, avec parfois une 2^{ème} rangée au-dessus (Fisher *et al.*, 1987).
- Environ 80 grandes écailles argentées, fragiles s'étalent le long de ses flancs sans atteindre la tête (Holden *et al.*, 1974; Muus *et al.*, 1998),
- La taille maximale de la sardine est de 25 cm en Atlantique et 22 cm en Méditerranée. La taille commune est comprise entre 10 et 20 cm. C'est un poisson pélagique jusqu'à -180 m de profondeur (Holden *et al.*, 1974).

Chlaida, (2009) montre que la sardine se distingue des jeunes aloses par l'absence d'une fente médiane à la mâchoire supérieure et par la position de l'extrémité postérieure de la bouche. Il explique que chez la sardine, cette dernière est située en avant de la verticale qui passe par le centre de l'œil. Les 2 espèces de sardinella, *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*, diffèrent de *Sardina pilchardus* par l'absence de stries rayonnantes sur l'opercule et des points sombres sur les côtés du corps. La sardine se différencie du hareng par son opercule strié tandis que celui du hareng est lisse et sans taches.

2.3.1.2. Ecobiologie de l'espèce.

- **Répartition géographique:** la sardine, *Sardina pilchardus* possède une aire de répartition assez large (fig.16), elle est rencontrée en Atlantique Nord, en Méditerranée et en Mer Noire, elle est présente aussi sur les côtes Atlantiques, depuis le Dogger-bank en mer du Nord jusqu'à la côte saharienne en Mauritanie (Forest, 2001; Quéro *et al.*, 2003). Des populations résiduelles ont été signalées également, aux Iles Madères, aux Açores et aux Iles Canaries (Froese et pauly, 2011). Sa répartition et son abondance sont très influencées par les conditions hydroclimatiques, l'isotherme 13°C marque à peu près sa limite septentrionale et

l'isotherme 25°C sa limite méridionale (Parrish *et al.*, 1989). Très commune dans la méditerranée, elle est capturée toute l'année vu son abondance, bien qu'elle soit plus abondante dans le bassin occidental que dans oriental (Bauchot, 1980). En Algérie, elle est présente le long du littoral (Djabali *et al.*, 1993).

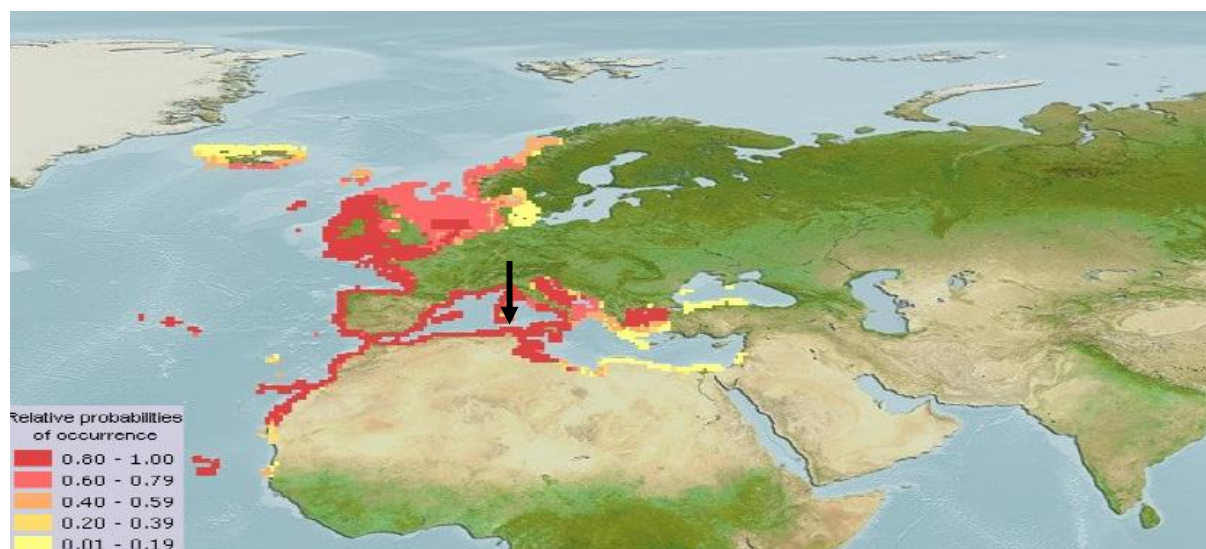


Figure 16: Carte représentant l'aire de répartition de la sardine européenne, *Sardina pilchardus*. Noter que dans le littoral Est algérien (flèche) l'occurrence est maximale, elle est comprise entre 0.8 et 1 (www.fishbase.org, 2016 modifiée).

- **Comportement:** la sardine est une espèce grégaire, ses bancs composés d'individus d'âge et de sexe différents mais de tailles équivalentes (Cury *et al.*, 2000), ont tendance à se désagréger la nuit (Whitehead, 1985). En cas de fortes abondances, les bancs ont tendance à être mono-spécifiques, en revanche, quand la sardine est moins abondante, les bancs seront composés de plusieurs espèces de petits pélagiques, notamment des anchois et/ou des chinchards (Cury *et al.*, 2000).

Les individus occupent des profondeurs différentes en fonction de leur âge, ils effectuent des migrations verticales au cours de la journée, ces migrations sont conditionnées par l'intensité lumineuse et la quantité de nourriture (Giannoulaki *et al.*, 1999).

En général, la sardine est présente à des profondeurs comprises entre -25 et -55 m, en journée et remonte entre -15 et -35 m la nuit (Holden *et al.*, 1974; Whitehead, 1985 et Grimes *et al.*, 2004) suivant la migration nyctémérale du zooplancton. Elle réalise aussi des migrations horizontales au cours de la journée, se rapprochant des côtes durant la nuit (Skrivanic et Zavodnic, 1973). En plus de ses migrations journalières, la sardine effectue de plus grands déplacements en fonction des saisons. Ces migrations sont probablement conditionnées par l'âge des individus, la présence de nourriture, la reproduction et les conditions thermiques du milieu (Riveiro *et al.*, 2000; Olivar *et al.*, 2001).

- **Croissance:** la taille de la sardine peut atteindre 27 cm dont 90% durant la 1^{ère} année de son cycle. La croissance durant les années qui suivent est beaucoup plus faible malgré une longévité qui peut aller jusqu'à 14 ans (Whitehead, 1985). Dans la région du Nord-Ouest Africain, la taille de la sardine augmente du nord au sud (FAO, 2007), ceci est probablement en relation avec une richesse trophique du milieu et la température engendrée par l'upwelling auquel sont soumises ces côtes. La sardine atteint sa maturité sexuelle durant les 2 premières années de sa vie. La croissance et la maturité sexuelle présentent de larges variations tout au long de l'aire de répartition (fig. 16) (Monteiro et Jorge, 1982; Pérez *et al.*, 1985; Alemany et Alvarez, 1993; FAO, 2001).

- **Reproduction:** sur les côtes Atlantiques européennes, la sardine pond principalement entre septembre et juin et d'octobre à juin sur les côtes Africaines (Whitehead, 1985, Ettahiri *et al.*, 2003; Amenzoui *et al.*, 2006). La ponte de la sardine est fortement corrélée aux facteurs environnementaux, comme la température et l'hydrodynamisme (Olivar *et al.*, 2001). Elle s'effectue entre 12 et 18°C et se prolonge sur la majeure partie du plateau continental (Larraneta, 1960, Ettahiri *et al.*, 2003; Coombs *et al.*, 2006; Bernal *et al.*, 2007).

Dans l'Atlantique du Nord Est, les sardines pondent préférentiellement en hiver et au printemps, la durée de la ponte augmente du nord 1 à 2 mois au sud 6 mois (Riveiro *et al.*, 2000; Ettahiri *et al.*, 2003; Coombs *et al.*, 2006; Stratoudakis *et al.*, 2007).

En Méditerranée, la ponte se prolonge également sur 6 mois avec un maximum en hiver (Abad et Giraldez, 1993; Gantias *et al.*, 2007). Les sardines possèdent une forte fécondité, chaque femelle peut libérer jusqu'à 35 000 œufs pélagiques (Whitehead, 1985).

Cependant, la mortalité des larves est importante et influence fortement le recrutement. La stratégie utilisée pour compenser la forte mortalité potentielle est basée sur une allocation d'énergie à la reproduction favorisant la production massive d'œufs, c'est la stratégie dite «r» (Cury et Roy, 1989; Bakun, 1996). La phase larvaire dure 60 jours (Ramirez *et al.*, 2001), les larves vivent entre -10 et -40 m de profondeur et se dispersent plus largement la nuit (Olivar *et al.*, 2001).

- **Alimentation:** la sardine *S. pilchardus* se nourrit principalement de plancton, en particulier de petits crustacés comme les copépodes, de larves de mollusques, d'œufs et d'alevins de poissons (Demirhindi, 1961; Quéro et Vayne, 1997; Cunha *et al.*, 2005). La sardine ne sélectionne pas ses proies, elle ingère directement le zooplancton et filtre le phytoplancton (Bode *et al.*, 2004).

La composition de l'alimentation des sardines reflète bien la composition planctonique du milieu (Conway *et al.*, 1991). Au stade larvaire quand Lt est comprise entre 6 et 17 mm, elle

se nourrit de microplancton formé principalement de copépodes, d'œufs d'invertébrés et de larves de bivalves (Marc, 2008).

- **Engin et technique de pêche:** les poissons pélagiques constituent la plus grande part des captures marines mondiales. En Méditerranée, les petits pélagiques comme les sardines, les anchois, les maquereaux, les sparts et les sardinelles) totalisent presque 50 % des débarquements totaux annuels de pêche (Lleonart et Maynou, 2003). Parmi eux, l'anchois *Engraulis encrasicolus* et la sardine *Sardina pilchardus* sont les espèces les plus importantes en termes d'intérêt commercial et de biomasse (Pinnegar *et al.*, 2003; FAO, 2005).

Dans les côtes algériennes, la pêche est effectuée à environ -60 m de profondeur (DPRHA, 2016). Les 2 principaux métiers qui exploitent la sardine sont les senneurs et chalutiers pélagiques. La pêche à la sardine est une activité influencée par les conditions hydrologiques et climatiques, car la température agit directement sur la localisation et la concentration des bancs de sardines et donc sur l'accessibilité aux flottilles de pêche (Forest, 2001).

2.3.2. La sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847).

La sardinelle *Sardinella aurita* fait partie des poissons pélagiques néritiques (fig.17), ce poisson est souvent confondu avec d'autres espèces qui partagent les mêmes niches écologiques, en particulier avec la sardine *Sardina pilchardus*, la grande sardinelle *Sardinella maderensis* et parfois avec les aloses *Alosa alosa* et *Alosa falax* (Whitehead, 1985).

Le genre *Sardinella* a été décrit pour la première fois par Valenciennes (1794-1865) dans son "Histoire Naturelle" des Poissons (Cuvier et Valenciennes, 1847).

Sur le plan systématique elle occupe la position suivante:

Embranchements:	Chordés
Sous Embranchement:	Vertébrés
Super classe:	Osteichthyens
Classe:	Actinopterygiens
Sous classe:	Néopterygiens
Infra-classe:	Téléostéens
Super ordre:	Culpeomorpha
Ordre:	Clupéiformes
Sous ordre:	Clupéoïdés
Famille:	Clupéidés
Genre:	<i>Sardinella</i>
Espèce:	<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)



Figure 17: Photographie montrant la sardinelle ronde, *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847). Noter la présence à mi-hauteur d'une ligne dorée pâle précédée d'une tache dorée en arrière de l'opercule.

Depuis 1838, différents synonymes scientifiques ont été attribués à cette espèce (Ben Tuvia, 1956; Whitehead, 1985) on a chronologiquement:

Clupea aurovittata (Swainson, 1838)
Clupea caeruleovittata (Richardson, 1846)
Meletta mediterranea (Valenciennes, 1847)
Sardinella anchovia (Valenciennes, 1847)
Sardinella aurita subsp. *mediterranea* (Valenciennes, 1847)
Clupanodon pseudohispanica (Poey, 1860)
Sardinia pseudohispanica (Poey, 1860)
Sardinella euxina (Antipa, 1906)
Sardinella pinnula (Bean, 1912)
Clupea venulosa (Steinitz, 1927)
Sardinella aurita subsp. *terrasae* (Lozano-Rey, 1950)

Selon les régions, nombreux noms vernaculaires sont attribués à la sardinelle. (Dieuzede *et al.*, 1959; Djabali *et al.*, 1993).

Angleterre:	Round sardinella ou Gilt Sardine.
Bulgarie:	Malka ou Sardela.
Chypre:	Sardella.
Egypte:	Sardine mabroum.
Espagne:	Alacha.
France:	Sardinelsa, Frissa ou Allache
Italie:	Allechio ou sarda.
Liban:	Lachio.
Lybie:	Sardine.
Maroc:	Lacha ou Ro.
Syrie :	Sardine maboum.
Tunisie:	Lacha ou sarda.
Turquie:	Sardalga.
Algérie:	Latcha.

2.3.2. 1. Description de l'espèce.

La sardinelle présente un corps allongé, généralement de section subcylindrique, parfois plus comprimé; ventre arrondi, mais avec un alignement de scutelles formant une carène faible sur le profil ventral.

- Opercule lisse; bord postérieur de la fente operculaire avec 2 excroissances charnues; œil moyen; sommet du crâne avec 7 à 14 stries sur les frontopariétaux; bouche terminale; mâchoire supérieure arrondie, sans échancrure médiane; second supramaxillaire à bords supérieur et inférieur subégaux; branchiospines fines et nombreuses, plus de 80 sur la partie inférieure du 1^{er} arc branchial.

- Origine de la nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps; l'anale est insérée bien en arrière de la base de la dorsale, ses 2 derniers rayons prolongés sont nettement plus longs que ceux qui les précèdent; les pelviennes composées de 9 rayons sont insérées sous la dorsale (Fisher *et al.*, 1987).

- La coloration du dos est bleu-vert, les flancs argentés, avec à mi-hauteur une ligne dorée pâle précédée d'une tache dorée en arrière de l'opercule; une tache noire distincte sur le bord postérieur de l'opercule (absence de pigment argenté sous-jacent); dorsale jaune plus ou moins foncée, ombrée sur le bord distal, à rayons antérieurs noirs, mais pas de tache noire à l'origine de la dorsale; pectorales jaune pâle moucheté de brun; caudale jaune très clair près de la base, le reste sombre avec des pointes très foncées ou noires. *S. aurita* peut atteindre une taille maximale de 33 cm, elle est commune entre 15 et 25 cm (Fisher *et al.*, 1987).

2.3.2.2. Ecobiologie de l'espèce.

- **Répartition géographique:** la sardinelle *S. aurita* est présente sur l'ensemble du littoral africain, de la Méditerranée jusqu'au Sud de la Baie de Saldanha (33°S) en Afrique du Sud (fig. 18). Elle est également présente en Mer Noire, dans l'Atlantique Ouest, le long du Golfe du Mexique jusqu'au Brésil où elle soutient d'importantes pêcheries au Vénézuëla et au Brésil (Fréon, 1988), ainsi que dans l'Indo-Pacifique (Indonésie, Mer de Chine) (Ghénon et Fontana, 1981; FAO, 2012). Malgré sa grande aire de répartition, la sardinelle ronde est particulièrement importante dans les zones d'upwelling où la production primaire est importante (Fréon, 1988).

Dans l'Atlantique, la distribution de la sardinelle ronde est continue surtout le long des côtes de l'Afrique de l'Ouest mais elle se concentre essentiellement dans 3 zones (Fréon, 1988). Ces foyers de concentration où les débarquements excèdent les 100.000 tonnes sont situés entre la Mauritanie et la Guinée, (26°N-10°N), entre la Côte d'Ivoire et le Ghana (5°N) et plus

au Sud entre le Gabon et le Sud de l'Angola (0 - 18°S). Dans la zone Nord-Ouest africaine, la sardinelle ronde peuple le plateau continental où elle préfère les eaux salées > 35‰, non turbides et de température < 24°C (Camarena - Luhrs, 1986; Fréon, 1988). Contrairement à la sardinelle plate *Sardinella maderensis*, la sardinelle ronde se trouve généralement loin des côtes et peut se rencontrer sous la thermocline en saison chaude (période de faible enrichissement) jusqu'à des profondeurs de -200 m (Fisher *et al.*, 1981).

En Méditerranée, *Sardinella aurita* est bien représentée, avec une forte concentration le long des côtes méridionales (Whitehead, 1985). Sa présence est plus rare dans la mer Noire et en Adriatique (Bebars, 1981). Le signalement de cette espèce dans les eaux du Nord de la mer Egée indique l'élargissement de la zone de répartition de cette espèce vers les limites septentrionales méditerranéennes (Tsikliras, 2004). En tant qu'espèce typiquement opportuniste (Cury et Fontana, 1988), l'expansion de *S. aurita* en mer Egée et en mer Adriatique durant ces 20 dernières années, est expliquée par le phénomène du changement climatique (Bethoux et Gentili, 1999; Kac'ic', 1984).

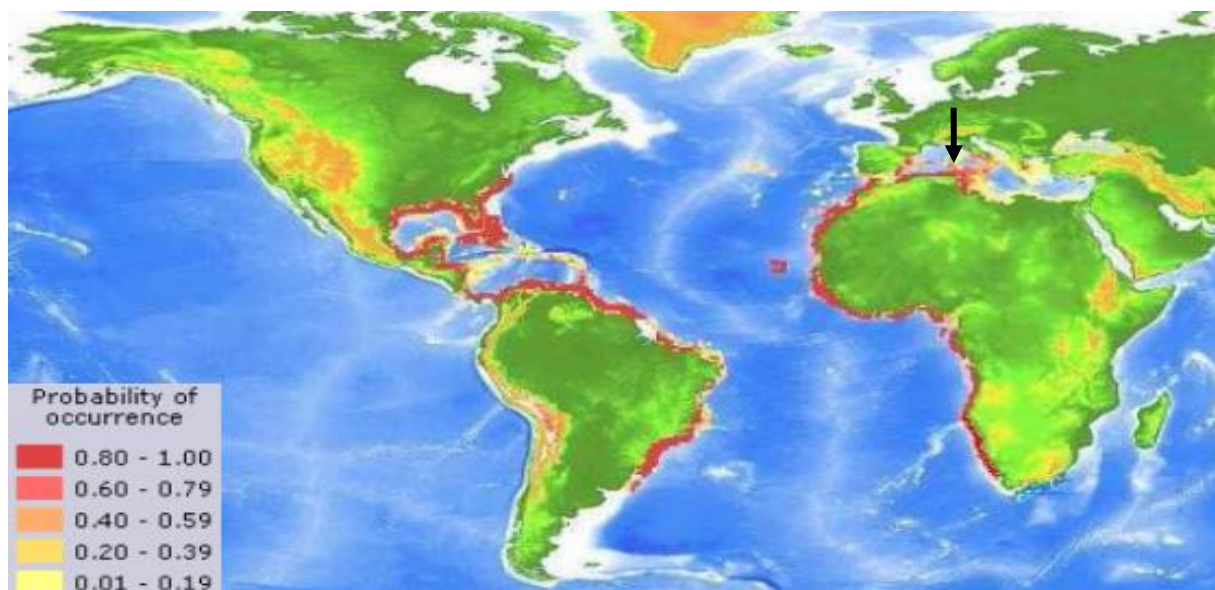


Figure 18: Carte représentant l'aire de répartition de la sardinelle, *Sardinella aurita*. Noter que dans les eaux littorales Est algériennes (flèche) l'occurrence est maximale, elle est comprise entre 0,8 et 1 (www.fishbase.org, 2016 modifiée).

- **Comportement:** la sardinelle est océanodrome, faisant des incursions temporaires en eau saumâtre, mais son milieu de vie est l'océan, jusqu'à une profondeur de -350 m, mais plus généralement vers -100 à -150 m. Les bancs d'allaches se situent dans les eaux côtières, en zone de pêche côtière, au bord du plateau continental. Ces poissons marins préfèrent une eau claire saline avec une température minimale < 24°C (Fortier, 2012). Les juvéniles ont tendance à rester dans les zones d'alevinage, mais à l'échéance de la maturité, ils rejoignent les

stocks halieutiques adultes au large des côtes. Fortement migrateurs en fonctions des saisons et conditions météorologiques, ils montent à la surface la nuit avant de se disperser au matin (Fortier, 2012).

- **Croissance:** est très rapide, la sardinelle ronde atteint en moyenne 18 cm au bout d'un an, sa taille maximale est presque atteinte après 3 années de vie. A partir de cet âge, la croissance s'arrête. Sa taille asymptotique est atteinte en 4 ans avec une tendance à une diminution de la croissance avec l'âge (Camarena Luhrus, 1986; Cury et Fontana, 1988). Elle peut atteindre 31 cm mais mesure entre 23 et 28 cm. Le poids moyen est d'environ 150 g avec un record enregistré à 229 g (Fortier, 2012). La durée de vie est estimée à 5 ans et elles atteignent leur maturité sexuelle à 2 années ce qui contribue à un taux de renouvellement des populations élevé (Bouaziz, 2007).

- **Reproduction:** externe elle se déroule dans la colonne d'eau au-dessus des profondeurs moyennes du plateau continental, entre les isobathes -30 et -50 m (Baye Cheikh Mbaye, 2015). Elle se reproduit pendant toute l'année dans les eaux superficielles mais surtout de mi-juin à fin septembre en Méditerranée (Ficher *et al.*, 1987).

- **Alimentation:** la sardinelle *S. aurita* est planctophage à alimentation opportuniste, plus riche en phytoplancton chez les juvéniles (Fréon, 1988). Elle sélectionne ses proies (Medina_Gaertner, 1985), les copépodes constituant une part importante de son régime. On note aussi la présence d'euphausiides et de larves de cirripèdes et cladocères. Sur les côtes sénégalaises à -10 m de fond, 95% des contenus stomacaux est constitué de vase et de sable et pour les individus pêchés à la senne de plage les détritiques organiques prédominent. Plus au large dans des fonds de -52 m, les individus pêchés ont un régime composé essentiellement de phytoplancton (Nieland, 1980).

- **Engins et technique de pêche:** la sardinelle est pêchée par les senneurs ou par les sardiniers appelés aussi localement Ring net en longueur d'année, de nuit comme de jour. L'engin de pêche utilisé est généralement la senne tournante coulissante en plus de quelques lamparos qui subsistent encore. En Algérie, aucun règlement ne précise la dimension minimale autorisée pour l'ouverture de maille de ce type d'engins. Seul un texte limitant l'utilisation d'un seul canot porte feu pour chaque sardiner est à signaler (JORADP N°78, 2003).

2.4. Méthodes d'étude.

Pour aborder les différentes parties de notre étude, à savoir la morphométrie, l'âge et croissance, la reproduction et l'exploitation, l'ensemble des sardines et sardinelles ont fait l'objet des mesures et des prélèvements suivants:

- Mesure des différentes longueurs en cm à l'aide d'un ichtyomètre;
- Mesure du poids total (Pt) et du poids éviscéré (Pe) en g;
- Extraction et peser des gonades à l'état frais après identification macroscopique des sexes;
- Extraction, mesure et lecture des âges des otolithes

2.4.1. Techniques morphométriques.

La morphologie de chaque poisson est caractérisée par 2 types de données: les dimensions des différentes parties du corps (caractères métriques) et les caractères méristiques.

2.4.1.1. Caractères méristiques.

Les caractères méristiques de mérist = partie, sont des critères permettant la définition de race ou population ou encore d'unités de stock, au sein d'une même espèce. Ainsi 4 caractères ont été abordés chez chaque espèce: Le nombre de branchiospines inférieures et supérieures situées sur le premier arc branchial gauche, le nombre de rayons durs et mous de la nageoire dorsale, celui de la nageoire anale et le nombre total de vertèbres.

- Les branchiospines.

Pour la totalité des individus, nous avons prélevé puis nettoyé le 1^{er} arc branchial gauche, pour en dénombrer les branchiospines. Ce dénombrement effectué sous loupe binoculaire a porté sur les branchiospines de la branche supérieure de l'arc branchial puis sur celle de sa branche inférieure l'articulation des 2 branches incluse à la partie > (fig. 19). Nous avons tenu compte du fait comme le signale (Miller *et al.*, 1976) que pour qu'elle soit prise en considération, une branchiospine doit être capable de retenir une aiguille appuyée le long de l'arc branchial.

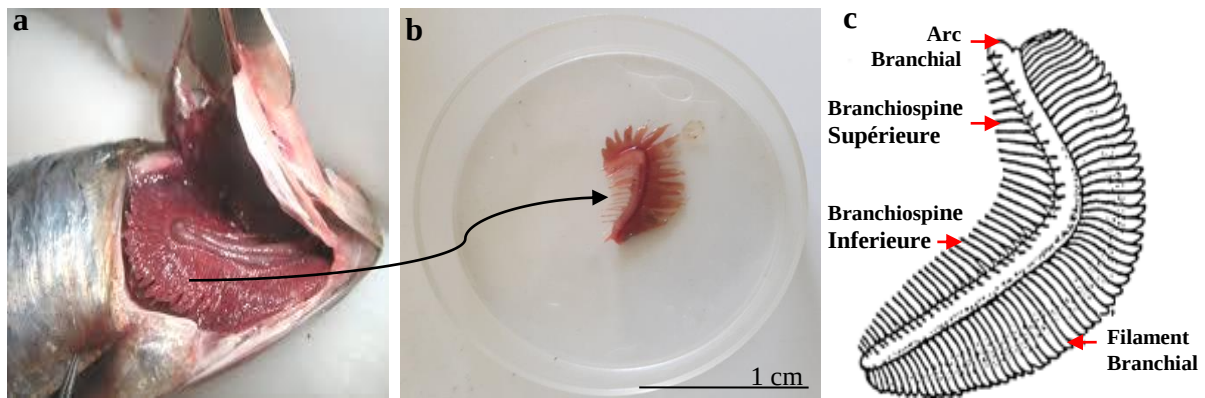


Figure 19: Photographies montrant l'anatomie générale des branchies chez *Sardinella aurita* des côtes de l'Est algérien (a), le premier arc branchial gauche (b) et la représentation schématique de la structure de l'arc branchial (c) (Dahel, 2018).

- Les rayons.

Le dénombrement des rayons durs et mous de la nageoire dorsale et de la nageoire anale a été réalisé de visu. Les rayons durs se distinguent des rayons mous par leur structure ossifiée et pointue à leur extrémité distale. Pour éviter toute erreur de comptage, les rayons mous ont été dénombrés à partir de leur base (fig. 20) comme le suggèrent Miller *et al.*, (1976).

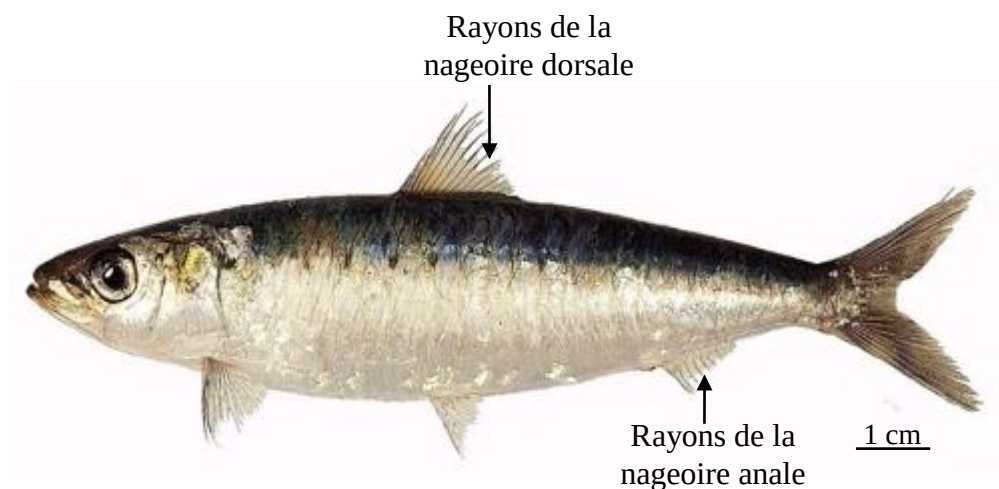


Figure 20: Rayons de la nageoire dorsale et anale de *Sardina pilchardus*.

- Les vertèbres.

Une fois que les mesures et pesées achevées, les structures musculaires et conjonctives de chaque individu sont déposées dans une eau à 100°C pendant 5 à 10 min. pour ne laisser après un nettoyage préalable, que les structures osseuses. La colonne vertébrale étant individualisée, on compte les vertèbres abdominales et caudales, du condyle occipital non compris à l'urostyle inclus (fig. 21) (*in* Lee, 1959 et 1961a).

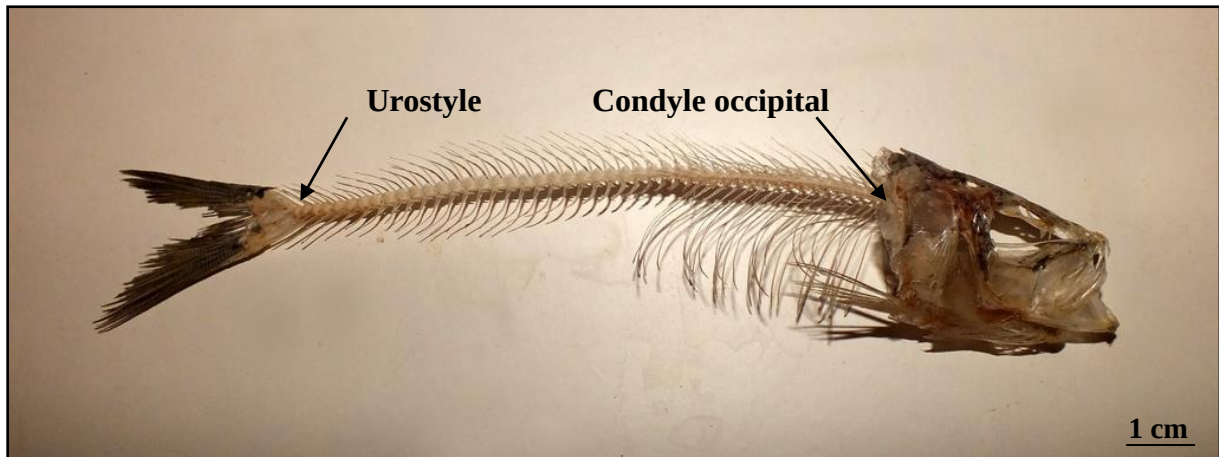


Figure 21: Photographie montrant la colonne vertébrale de *S. pilchardus*.

2.4.1.2. Caractères métriques.

Les indices métriques entre les différentes parties du corps du poisson ont été mesurés, les résultats obtenus nous ont permis de confirmer ou d'infirmer la stabilité morphologique en fonction du sexe et de la taille du poisson. Chez chaque poisson, 15 mensurations (fig. 22) ont été effectuées on a :

1. longueur totale (Lt),
2. longueur standard (Ls),
3. longueur à la fourche (Lf),
4. longueur céphalique (Lc),
5. diamètre orbitaire (Do),
6. longueur pré-orbitaire (LPo),
7. longueur post-orbitaire (Lpo),
8. longueur pré-dorsale (Lpd),
9. longueur pré-pectorale (LPp),
10. longueur post-pectorale (Lpp),
11. longueur pré-anale (Lpa),
12. épaisseur du corps (Ec),
13. hauteur du corps (Hc),
14. longueur du maxillaire supérieur (L max) et
15. hauteur du pédoncule caudale (Hpc) (fig. 22).

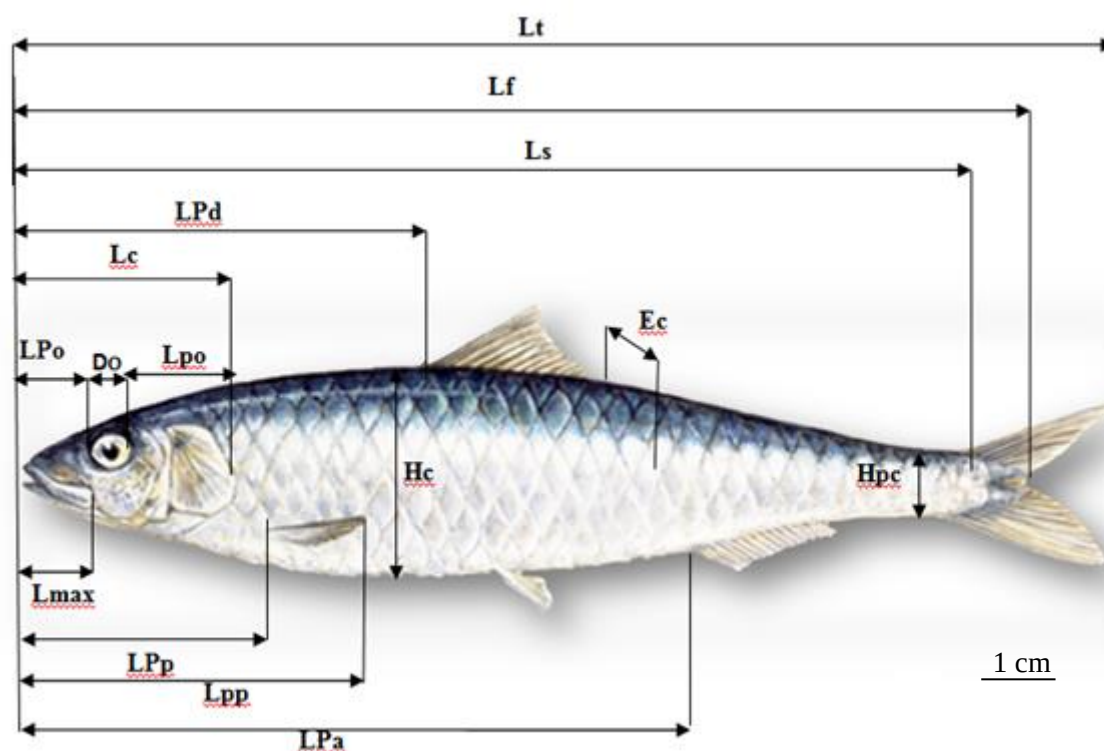


Figure 22: Différentes mesures effectuées sur les petits pélagiques- Cas de la sardine *Sardina pilchardus* (Valenciennes, 1847). Lt: longueur totale; Lf: longueur à la fourche; Ls: longueur standard; Lpa: longueur Pré-anale; Lpd: longueur pré-dorsale; Lc: longueur céphalique; Do: Diamètre oculaire; Lmax: longueur du maxillaire; Hc: hauteur du corps; Hpc: hauteur du pédoncule caudale; LPo: longueur pré-orbitaire; Lpo: longueur post-orbitaire; LPp: longueur pré-pectorale, Lpp: longueur post-pectorale; Ec: épaisseur du corps.

Les mesures sont effectuées sur des poissons frais, à l'aide d'un ichthyomètre et d'un compas à pointes sèches et les mensurations sont appréciées au millimètre près.

2.4.1.3. Analyse statistique

Afin de déceler d'éventuelles différences entre les caractères méristiques en fonction des sexes, nous avons effectué une analyse statistique test t de Student à 2 échantillons à l'aide d'un logiciel statistique (Minitab, version 13.2).

Pour les caractères métriques, les différentes parties du corps mesurées sont exprimées en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc). Etant donnée les variations de certains de ces rapports au cours de la croissance du poisson et afin de mettre en évidence les changements relatifs de ces dimensions, nous avons utilisé la méthode des moindres rectangles (axe majeur réduit) préconisé par Teissier (1948):

$$y = a x^b$$

Où :

b: pente de la droite;

a: ordonné à l'origine;

y et x: dimensions mesurées sur un même individu.

La comparaison statistique du coefficient "t" d'allométrie de cette équation avec la valeur 1 est réalisée par le test de Student (Dagnélie, 1975).

$$t_{obs} = \frac{|b^2 - b_0^2| \cdot \sqrt{n-2}}{2b \cdot b_0 \sqrt{1-r^2}}$$

Où :

r: coefficient de corrélation;

b: coefficient d'allométrie (pente);

n: nombre de couples de données.

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique = $t_{1-\alpha/2}$ (selon table de Student) ou

$\alpha = 0,05$, ainsi, 2 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 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 minorante ou négative, si $b < 1$, ou allométrie majorante ou positive, si $b > 1$.

2.4.2. Techniques d'estimations des âges et de la croissance.

La connaissance de l'âge et du processus de croissance constitue un aspect fondamental de l'étude de la démographie et de la dynamique des populations de poissons. Cette connaissance permet de mettre en place une politique rationnelle de gestion des pêches (Casselman, 1987; Bacha et Chauvelon, 1990; Cailliet *et al.*, 2006; Panfili *et al.*, 2002; Santana *et al.*, 2006).

Pour établir un modèle de croissance, de mortalité ou de recrutement, il est nécessaire de connaître l'âge des poissons (Laurec & Le Guen (1981), *in* Mahé *et al.*, 2009). Chez les populations naturelles, l'âge est déterminé selon 2 méthodes:

Méthode indirecte: par l'étude de la distribution statistique des effectifs par classe de taille selon les méthodes graphique de Petersen (1896), des maximums successifs de Gheno et Le Guen (1968), de Harding (1949) et Cassie (1954) ou encore par la méthode de Bhattacharya (1967).

Méthode directe: par la lecture des lignes d'arrêt de croissance ou *annulii* inscrites sur les diverses pièces anatomiques, la sclérochronologie. L'écaille est un bon modèle et un outil de choix pour une première approche biologique d'une espèce et surtout pour le suivi individuel des poissons (Bougis, 1952). Toutefois, le choix de la pièce osseuse pour la lecture des anneaux de croissance dépend et varie d'une espèce à une autre. Les fonctions de croissance peuvent aussi différer d'une espèce à une autre, mais également entre 2 stocks à l'intérieur de la même espèce et avoir des valeurs différentes selon les zones de répartition biogéographique.

Aujourd'hui, il est possible à partir des différentes pièces calcifiées comme les otolithes de reconstituer l'histoire individuelle des organismes vivants. Ainsi, dans l'otolithe, l'analyse microchimique permet de décrypter, même chez les jeunes poissons, la période de formation de marques journalières par le biais de marqueurs spécifiques (Lagardere *et al.*, 2000; Pothin *et al.*, 2003). L'estimation des âges à partir des otolithes ne cesse d'évoluer sur le plan méthodologique et technologique.

De ce fait, nous avons choisi de déterminer l'âge à partir de 2 approches: directe par l'examen des otolithes et indirecte par la méthode de Bhattacharya (1967) afin de valider les âges.

2.4.2.1. Méthode otolithométrique.

L'otolithe vient du mot grec «oto» qui désigne l'oreille, et «lithos» qui signifie pierre, il s'agit, donc de la «pierre de l'oreille», sensible à la pesanteur et à l'accélération c'est l'organe de l'équilibre. Au cours de ces dernières années, depuis la mise en évidence et l'analyse de marques de croissance supposées journalières (Panella, 1971), l'intérêt des otolithes s'est encore accru. En effet, elles apparaissent comme de véritables "mémoires enregistreuses" où s'inscrivent non seulement l'âge mais aussi tous les éléments marquants de la vie de l'individu (résorption du sac vitellin, changement d'habitat, maturité sexuelle, reproduction, stress,...) (Baillon, 1992) Sans aucunes altérations car elles restent protégées par la boîte crânienne (Raymonde, 1999).

Les poissons osseux (Ostéichthyens), possèdent 3 sacs otiques par oreille, chacun contenant une structure calcaire: l'otolithe. Les 3 sacs sont le *sacculus* (sacculle), l'*utriculus* (utricule) et la *lagena*, qui contient respectivement la *sagitta*, le *lapillus* et l'*asteriscus* (fig. 23).

Chez la plupart des espèces, la *sagitta* est le plus grand des otolithes, souvent visible à l'œil nu et c'est donc le plus utilisé dans les études d'estimation de l'âge (fig. 24). Dans la

littérature, le terme «otolithe» est souvent utilisé pour décrire une seule des 3 paires, généralement la paire de *sagittae*, d'où la nécessité de le définir dans toute étude (Panfili *et al.*, 2002).

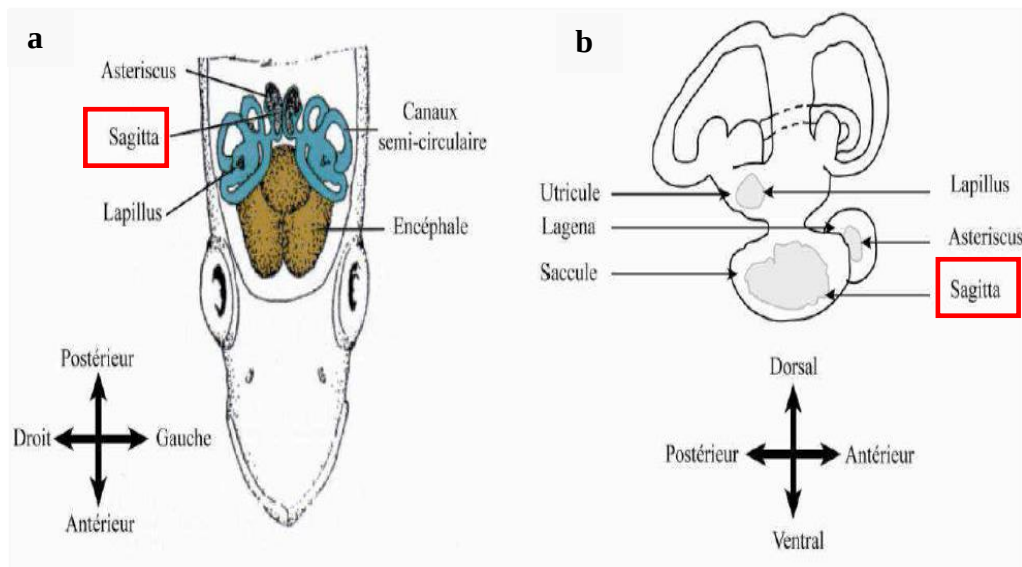


Figure 23: Schémas montrant la position des otolithes de l'oreille interne chez les téléostéens (a), l'anatomie de l'oreille interne (b) et la position des otolithes dans les sacs otiques (modifié d'après Secor *et al.*, 1992).



Figure 24: Paires de *sagittae* à côté d'une pièce de 5 dinars algériens. A gauche otolithes (1.55 mm) d'une sardine de 17.7 cm et à droite otolithes (1.62 mm) d'une sardinelle de 17.4 cm (Dahel, 2018).

L'otolithométrie nous a permis d'établir une clé taille-âge pour chaque spécimen.

2.4.2.1.1. Technique d'extraction des otolithes.

Une section transversale de la tête est pratiquée sur la partie postérieure du crâne, en passant à travers la région inférieure de l'os pré-operculaire (fig.25). La tête entière est coupée et la partie antérieure est séparée du reste du corps. La partie postérieure du cerveau contenant le bulbe rachidien est alors visible dans la partie supérieure du crâne et les 2 cavités des oreilles internes sont localisées latéralement et sous le cerveau. Les otolithes ou *sagittae* sont directement prélevés comme le préconisent Panfili *et al.* (2002) avec des pinces fines.

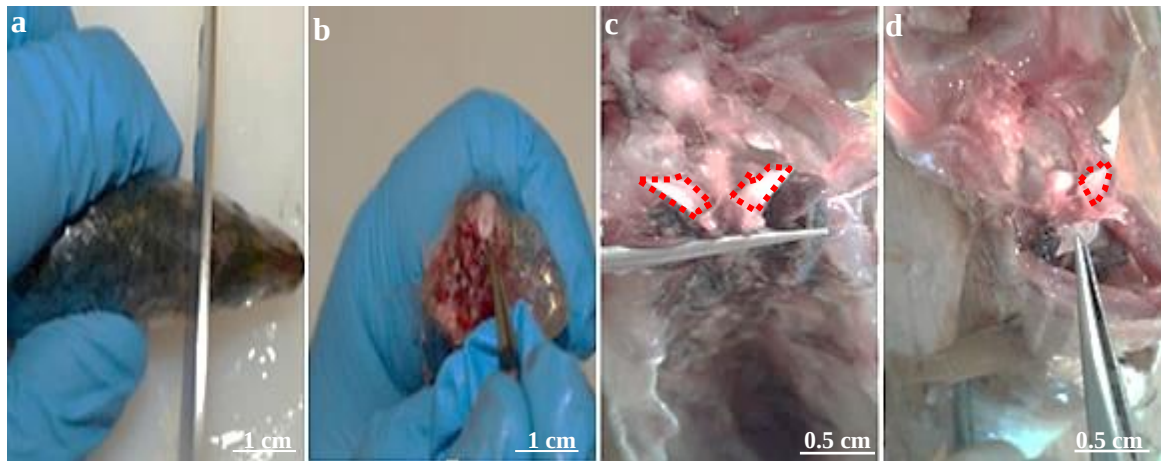


Figure 25: Représentation des étapes successives nécessaires à l'extraction des otolithes (pointillés rouges) chez *Sardina pilchardus*. La partie antérieure de la tête est séparée du reste du corps (a), la région supérieure du crâne et les 2 cavités des oreilles internes sont localisées latéralement et sous le cerveau (b), les otolithes sont visibles (c), et directement prélevés avec des pinces fines (d) (Dahel, 2018).

2.4.2.1.2. Protocoles de nettoyage et de conservation des otolithes.

Afin d'ôter les tissus de la *macula* et du vestibule adhérent après la dissection, les otolithes sont rincés dans 3 bains successifs d'eau distillée et nettoyés mécaniquement en supprimant les tissus avec des pinces fines ou à la main. Ensuite, ils sont séchés par exposition à l'air à température ambiante ou dans une étuve à 24°C, puis placés dans des microtubes (type Eppendorf*) référencés pour une observation ultérieure. Enfin ils sont stockés dans un endroit frais et obscur (Panfili *et al.*, 2002) (fig. 26).

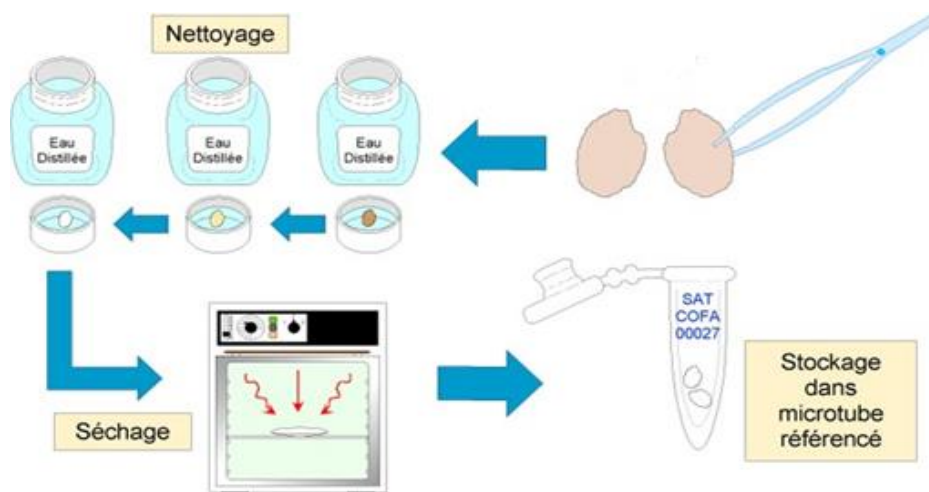


Figure 26: Protocole de nettoyage et de stockage des otolithes (Panfili *et al.*, 2002).

2.4.2.1.3. Traitement numérique.

L'acquisition des images de *sagittae* a été réalisée avec le logiciel de Traitement Numérique des Pièces Calcifiées (TNPC), développé par le LASAA, Laboratoire de Sclérochronologie des Animaux Aquatiques, IFREMER en collaboration avec NOESIS, développeur de logiciels d'imagerie. Ce logiciel permet de saisir des photographies d'otolithes (unité d'acquisition d'image: une loupe binoculaire associée à une caméra numérique), qu'il numérise (unité centrale de traitement) puis stock sous forme de bases de données (unité de stockage et de visualisation) avant d'effectuer leurs mensurations (unité logicielle) (fig. 27).

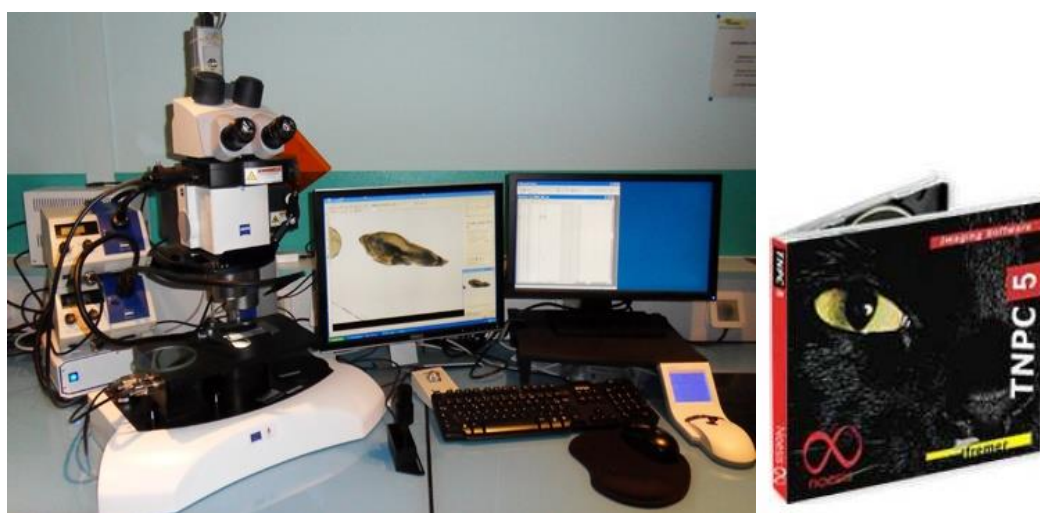


Figure 27: Système d'acquisition et de traitement des images, équipé du logiciel TNPC 5.

2.4.2.1.4. Techniques d'observation.

La netteté des marques de croissance des otolithes de la sardine et de la sardinelle nous a permis de les interpréter sans préparation préalable, sous lumière réfléchie sur fond noir grâce à une loupe binoculaire (Leica WILD M3Z). L'utilisation d'un bain d'alcool 70° comme un milieu éclaircissant s'est avérée intéressante pour améliorer le contraste et la netteté des marques de croissance. Une alternance de marques saisonnières de 2 périodes froide et chaude est alors visible sur les otolithes observés en entier, des zones opaques correspondent aux parties hyper-calcifiées d'aspect blanc en lumière réfléchie alternent avec des zones hyalines, zones de calcification moins denses d'aspect sombre.

L'interprétation des marques de croissance est basée sur l'identification d'un rythme au sein des zones opaques et hyalines qui permet également de distinguer les d'arrêts de

croissance annuels par opposition à toutes les perturbations accidentelles de la croissance liées aux événements aléatoires de la vie du poisson comme le stress ou le jeûne.

Généralement, l'*annuli* est formé de l'association d'une zone opaque et d'une ou plusieurs zones hyalines, et l'arrêt de croissance annuel se situe en limite externe de la zone opaque. (fig. 28).

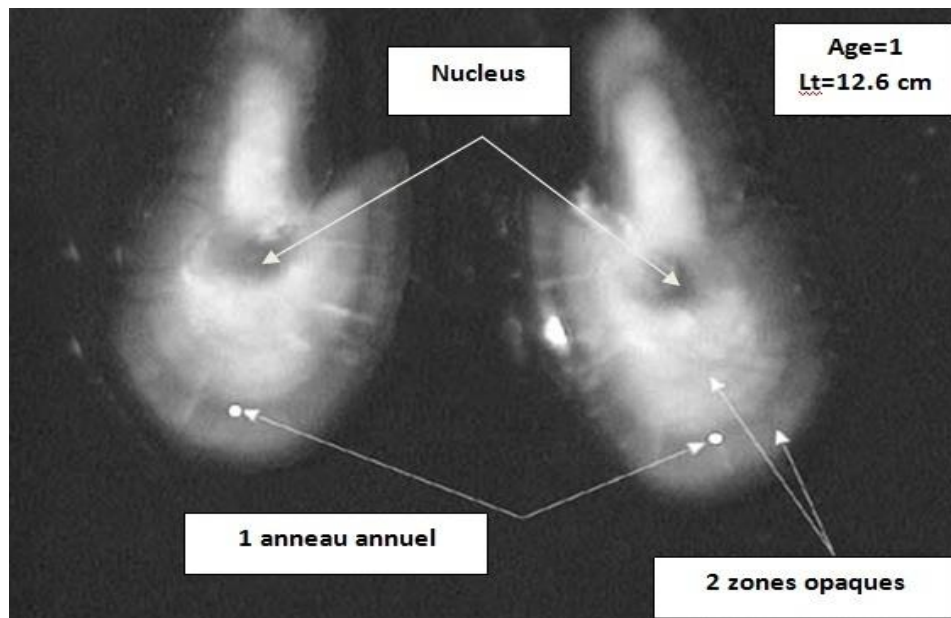


Figure 28: Technique d'interprétation des marques de croissance à partir des otolithes de *S. pilchardus* âgée d'1 an (www.fao.org, 2016 modifiée).

2.4.2.1.5. Relation entre la taille du poisson et les différentes longueurs de l'otolithe.

Avant d'entamer une étude de l'âge par otolithométrie, les halieutes testent d'abord la dépendance entre la longueur du poisson L_t et les différentes longueurs de l'otolithe L_o et l_o ainsi que sa surface S_o , basé sur le coefficient de corrélation qui mesure l'intensité de la liaison entre les différents caractères étudiés (In Bouaziz, 2009). Selon Sokal et Rohlf (1981), l'allométrie correspondrait au développement de certaines parties qui se fait plus rapidement, ou plus lentement que d'autres lors de la croissance d'un organisme. Il s'agit donc de savoir:

- si la taille du poisson croît proportionnellement à celle de l'otolithe; c'est à dire le nombre de marques de croissance, qui constituent l'otolithe, reflète bien l'âge du poisson;
- si la taille de l'otolithe croît moins vite que celle du poisson, ce qui expliquerait le changement du mode de croissance de l'otolithe qui se ferait plutôt beaucoup plus en épaisseur qu'en longueur, le rendant ainsi très opaque et par conséquent difficile à lire;
- si la taille de l'otolithe croît plus vite que celle du poisson, ce qui expliquerait, sans doute, la présence d'anneaux surnuméraires.

Afin de définir le type d'allométrie, qui relie la longueur totale (L_t) à son otolithe, des mesures sont effectuées sur les otolithes d'un échantillon d'individus dont on a préalablement

mesuré la longueur totale (L_t). A l'aide du logiciel TNPC, l'analyse de l'image de l'otolithe entier a permis d'obtenir la surface (S_o) en mm^2 , la longueur (L_o) en mm et la largeur (l_o) en mm (fig. 29).

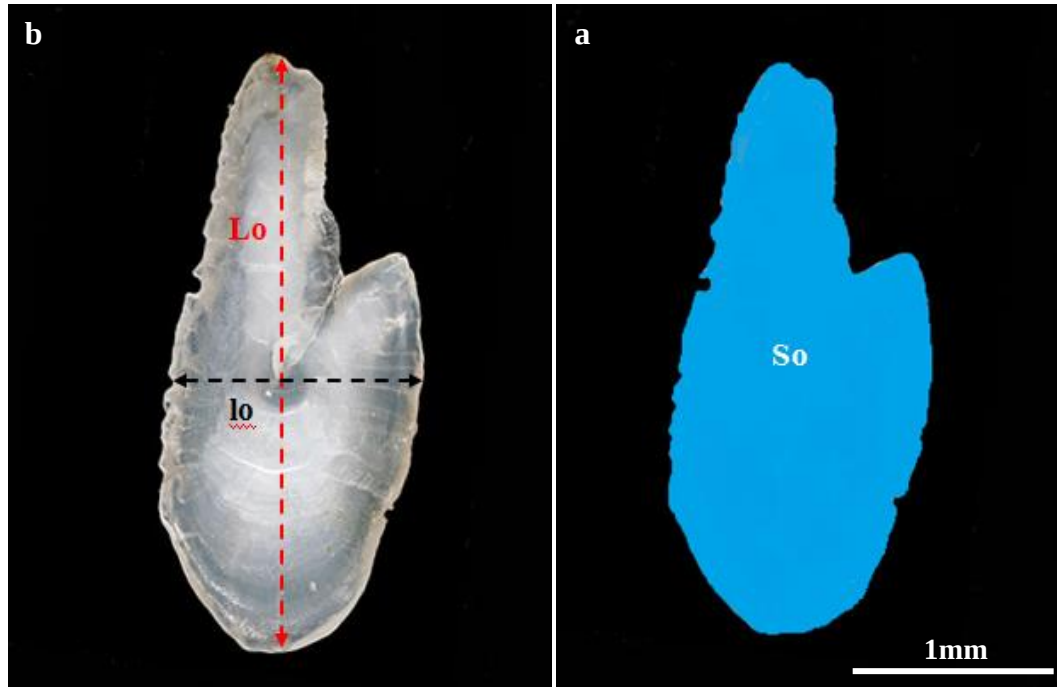


Figure 29: Photographie d'otolithes de *S. pilchardus* montrant les 3 mesures: surface S_o (a), longueur L_o et largeur l_o (b) réalisé sur TNPC.

La similitude métrique des otolithes *sagittae* gauches et droits a été vérifiée par le test d'homogénéité t de Student (Minitab, version 13.2).

Enfin, le type d'allométrie décrit précédemment, obtenu à partir de la relation: $y = a(x)^b$ (Teissier, 1948), a permis de définir le type de relation unissant les caractéristiques métriques ainsi que celui de la surface des *sagittae* (gauche ou droit, en cas d'homogénéité) à celle du corps du poisson (L_t).

La transformation logarithmique de la relation d'allométrie, produit une droite de type:

$$\ln(L_o) = \ln(a) + b \ln L_t$$

Sa pente b , définit le type d'allométrie:

- si $b < 1$, l'allométrie est minorante: y croît moins vite que x ;
- si $b = 1$, l'allométrie est isométrique: la proportionnalité s'établit entre y et x ;
- si $b > 1$, l'allométrie est majorante: y croît plus vite que x .

La pente b , est ensuite comparée à 1 selon Teissier (1948).

Le type d'allométrie est confirmé ou infirmé par le test de t , basé sur la comparaison entre une pente calculée: $P_0 = b$ et une pente théorique: $P = 1$ (In Schwartz ,1992).

$$t = \frac{|P - P_0|}{S_{P_0}}$$

$$(S_{P_0})^2 = \frac{(S_y/S_x)^2 - (P_0)^2}{N - 2}$$

Où:

$P_0 = b$ = pente calculée par la méthode des moindres carrés;

S_{P_0} = écart-type de la pente calculée;

N = nombre de couples de valeurs;

S_x = écart-type de x et S_y = écart-type de y (avec d.d.l. = $n - 2$ et $\alpha = 5\%$).

- Si $t < 1.96$: la différence n'est pas significative
- Si $t \geq 1.96$: la différence est significative.

2.4.2.1.6. Estimation de l'âge par lecture des marques de croissances des otolithes.

Après avoir identifié toutes les marques de croissance des otolithes, nous avons procédé à un comptage du nombre d'anneaux saisonniers sur une base annuelle afin d'estimer l'âge des poissons capturés. Une répétabilité de la procédure d'estimation en 3 fois s'est avérée utile afin de réduire les différents biais. Le calcul de l'âge à partir des otolithes échantillonnés s'est fait de la manière suivante (fig. 30):

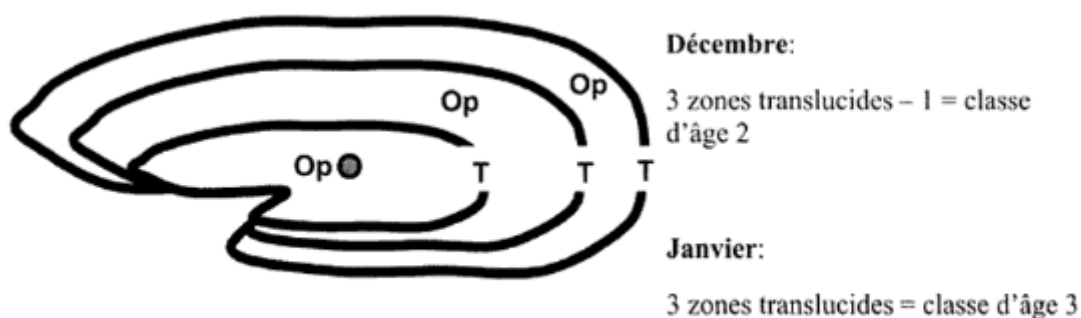


Figure 30: Calcul théorique de l'âge des poissons à partir des otolithes (Op: opaque; T: translucide) (FAO, 2011).

Chez les clupéidés, dans le cas où la date de naissance des poissons est inconnue, janvier est retenu arbitrairement comme mois de naissance (FAO, 2011; Panfili *et al.*, 2002). On rencontre 3 types de situation:

Si par exemple, la sardine est capturée pendant l'année avec une zone opaque sur le bord de l'otolithe, l'âge (an) assigné sera égal au nombre d'anneaux observés -1.

Si elle est capturée entre janvier et mars avec une zone translucide (hyaline) sur le bord de l'otolithe, l'âge assigné sera égal au nombre d'anneaux annuels observés.

Alors que si sa pêche est effectuée entre septembre et décembre avec une zone translucide (hyaline) sur le bord de l'otolithe, l'âge assigné sera égal au nombre d'anneaux annuels observés -1.

2.4.2.1.7. Méthodes de validation.

Dans toute étude de sclérochronologie, la validation est une étape obligatoire en particulier, pour les espèces pour lesquelles peu ou aucune étude de l'âge n'a été entreprise auparavant (Panfili *et al.*, 2002). Les méthodologies disponibles pour valider la fréquence des dépôts des marques inscrites dans les otolithes peuvent être regroupées autour de 3 principales catégories:

- **La validation directe**, qui utilise la plupart du temps les techniques de marquage (marqueurs fluorescents ou radio-isotopiques ou encore chimiques élémentaires...);
- **La validation indirecte**, qui nécessite la comparaison des paramètres de croissance obtenus grâce aux clés taille-âge issues de la lecture des pièces calcifiées avec des paramètres obtenus par des estimations statistiques réalisées à partir des distributions de fréquence de tailles ou à partir d'autres données d'âge, tels que les paramètres de l'équation de croissance de von Bertalanffy (Pauly & David, 1981; Casselman, 1987);
- **La validation semi-directe**, qui nécessite l'observation de séries chronologiques des marques de croissance sur un grand nombre d'individus prélevés régulièrement au cours du temps; c'est une méthode populationnelle; qui peut être quantitative (mesures des zones marginales) ou qualitative (aspect hyalin ou opaque du bord).

La validation qualitative semi-directe, considérée comme l'une des méthodes de validation la plus utilisée, consiste à évaluer la présence ou l'absence d'une marque de croissance donnée sur le bord d'une pièce calcifiée et à exprimer les résultats sous forme de % pour la population étudiée. L'évolution de ces taux au cours du temps est alors tracée comme le préconisent Panfili *et al.* en 2002.

Pour valider les âges chez *S. pilchardus* et *S. aurita* estimés par lecture des marques de croissances des otolithes nous avons utilisé la validation indirecte et la validation qualitative semi-directe.

2.4.2.2. Méthode indirecte de Bhattacharya (1967).

La méthode de Bhattacharya (1967), dont le protocole d'application est légèrement modifié par Gayanilo *et al.* (2005), a été retenue pour la détermination de la clé âge-longueur, suite aux recommandations de Campana (2001). Cette méthode a nécessité l'exploitation du logiciel **FISAT II version 1.2.0** (Gayanilo *et al.*, 2005). C'est une analyse des compositions en taille des captures, qui permet d'identifier les différents groupes d'âges présents, en se basant sur l'hypothèse que chaque groupe d'âge possède une distribution gaussienne des tailles individuelles et une taille modale qui lui est propre. De nombreuses analyses de pêcheries dépendent d'estimations exactes et fiables des structures en âge des captures. D'après Panfili *et al.* (2002), il est impossible de connaître l'âge absolu «âge véritable» d'un poisson prélevé au hasard dans son environnement naturel, la détermination de l'âge par la lecture directe nécessite dans tous les cas **une validation**.

2.4.2.3. Modélisation de la croissance.

2.4.2.3.1. Modèle de croissance somatique linéaire.

Il existe plusieurs équations de croissance, on a opté pour celle de Von Bertalanffy (1938) qui décrit la croissance linéaire dans le temps et sa formule s'adapte à la plupart des données de croissance observées. Couramment utilisée en ichthyologie, elle s'ajuste aussi bien à partir de l'âge de recrutement qu'à partir de celui à la première capture (Chauvet, 1986 *in* korichi, (1988). Elle a l'avantage d'être incorporable dans les modèles d'évaluation des stocks halieutique, elle s'écrit comme suit:

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

Où:

L_t : longueur moyenne du poisson à l'instant t (cm);

L_{∞} : longueur asymptotique (cm) qui serait atteinte à l'âge théorique infini;

k : coefficient de croissance (an^{-1}) caractérisant la vitesse avec laquelle l'espèce croît vers sa taille asymptotique;

t_0 : âge théorique pour lequel la taille en cm est nulle ($L_t = 0$ cm).

K a une signification biologique précise, puisqu'il présente la diminution de la vitesse de croissance lorsque la taille augmente.

L'expression mathématique de Von Bertalanffy (1938) fait apparaître 3 paramètres d'ajustement: L_{∞} , K et t_0 déterminés dans le cas de la présente étude par le logiciel STATISTICA 8[®] *software* (Panfili *et al.*, 2002) pour les données obtenues par otolithométrie et le logiciel New VONBIT (Stamatopoulos, 2005) pour les données obtenues par la méthode indirecte.

Le paramètre t_0 peut être déterminé à partir de la taille moyenne du premier mode observé, par la relation suivante:

$$t_0 = 1 + \frac{\ln \left(1 - \frac{L_1}{L_{\infty}} \right)}{K}$$

Où:

t_0 = âge conventionnel théorique pour lequel le poisson a une longueur nulle;
 L_1 = taille moyenne du premier mode correspondant au premier groupe d'âge;
 K et L_{∞} = paramètres de croissance de l'équation de Von Bertalanffy (1938).

Nous pouvons considérer qu'une cohorte (groupe d'âge) représente une sous population, de ce fait, L_{∞} correspondant est calculée à partir de la formule de Taylor (1962) *in* Pauly (1997):

$$L_{\infty} = L_{max} / 0.95$$

L_{max} : dernière valeur de la taille du plus grand poisson mesuré dans un stock échantillonné en tenant compte de toutes les gammes de tailles.

2.4.2.3.2. Relation taille-poids.

L'étude de la relation taille-poids répond à 2 objectifs: la détermination du poids des individus dont on connaît la taille (Beyer, 1991) et la description des formes de l'embonpoint au cours de la croissance (Richter *et al.*, 2000). Ces objectifs présentent un intérêt pratique dans les modèles d'exploitation raisonnée des populations des ressources halieutiques.

Corrélativement, la relation d'allométrie qui permet d'interpréter les changements de forme des poissons en fonction de la taille est exprimée par la formule suivante:

$$W_t = a \cdot L_t^b$$

Où:

W_t : poids total du poisson en g ;
 b : coefficient d'allométrie, (souvent proche de 3);
 a : constante;
 L_t : longueur totale (cm).

L'ajustement de ce modèle linéaire aux données longueur-poids observées est réalisé par la méthode des moindres rectangles. La valeur de coefficient b est comparée statistiquement à $b_0 = 3$ au seuil $\alpha = 5\%$ à l'aide du test t de Student (Dagnelie, 1975):

$$t_{obs} = \frac{(b^2 - b_0^2) \sqrt{n-2}}{(2b_0 \cdot b \sqrt{1-r^2})}$$

Où:

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 le test de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5% pour $n - 2$ degré de liberté. Trois cas peuvent alors se présenter:

si $t_{obs} \leq t_{théorique}$, il y a une isométrie ($b = 3$), le poids croît proportionnellement à la longueur

si $t_{obs} > t_{théorique}$ on a 2 situations:

si $b < 3$, l'allométrie est minorante, le poids croît moins vite que la longueur.

si $b > 3$, l'allométrie est majorante, le poids croît plus vite que la longueur.

2.4.2.3.3. Modèle de croissance pondérale.

Sachant que le poids est lié à la taille par la relation: $W_t = a \cdot L_t^b$, et que le modèle décrivant la croissance linéaire en fonction du temps est celui de Von Bertalanffy, nous pouvons admettre que la relation:

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

W_∞ est calculé à partir de l'équation (Ricker, 1975).

$$W_\infty = a \cdot L_\infty^b$$

Où:

W_t : le poids total du poisson à l'instant t en g;

W_∞ : le poids correspondant à L_∞ ;

a : le coefficient d'allométrie où la pente de la droite exprimant la relation taille-poids sous sa forme logarithmique.

Les paramètres k et t_0 sont ceux de l'équation de la croissance linéaire absolue. Tous les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy étant connus, nous avons calculé le poids pour chaque groupe d'âge.

2.4.2.4. Analyse statistique.

Pour mettre en évidence une relation entre les différents paramètres métriques, nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson. Ce coefficient de corrélation «*r*» mesure l'intensité du lien qui existe entre les 2 caractéristiques ou variables quantitatives quelconques pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Par exemple, pour 2 caractéristiques quelconques *x* et *y*, le coefficient de corrélation est déterminé par la formule suivante:

$$r = \text{cov} (x, y) / sX.sY$$

Où:

Cov (*x*, *y*): la covariance de *x* et *y*;
sX et *sY*: les écarts-types de *x* et *y*.

Ce coefficient est compris entre -1 et +1. Il est, en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les 2 séries d'observation est nette pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire. En revanche, si le coefficient de corrélation est nul, ou presque nul, cela signifie que les 2 caractéristiques ne sont pas corrélées entre elles.

D'autre part, le signe du coefficient de corrélation indique si la relation est croissante ou décroissante, en effet lorsque le coefficient de corrélation est positif, les valeurs élevées d'une caractéristique correspondent dans l'ensemble, aux valeurs élevées de l'autre caractéristique, et les valeurs faibles d'une caractéristique correspondent aux valeurs faibles de l'autre caractéristique. Par contre, lorsque la corrélation est négative, les valeurs élevées d'une caractéristique correspondent dans l'ensemble aux valeurs faibles de l'autre caractéristique et vice-versa (Dagnelie, 1998).

2.4.3. Etude de la reproduction.

Chez les poissons Téléostéens, comme chez les autres vertébrés, la reproduction est l'un des aspects les plus complexes de leur biologie, c'est un phénomène cyclique dont la périodicité annuelle et souvent régie 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).

L'étude de la reproduction de nos petits pélagiques est abordée à travers 4 étapes: l'identification et la répartition des sexes, grâce à l'examen macroscopique des gonades, basés sur des critères bien définis et ordonnés suivant l'échelle de Fontana (1969) et sur le sex-ratio; l'étude de la 1^{ère} taille de maturité sexuelle; la détermination de la période de reproduction et enfin la condition des poissons.

2.4.3.1. Répartition des sexes.

La répartition numérique des sexes ou sex-ratio (**SR**) est une caractéristique de l'espèce dont les variations sont parfois en relation avec le milieu. Selon Kartas et Quignard (1984), le SR est l'un des paramètres qui contribue au maintien, dans une certaine limite, de la capacité reproductrice de l'espèce.

Cet indice nous a permis de déterminer la structure globale des populations mâles et femelles de sardines et de sardinelles et de contrôler leurs variations en fonction des saisons, des âges et des tailles. Il est déterminé par observation macroscopique des gonades, (fig. 31).

Le sex-ratio s'exprime par le % de mâles ou de femelles par rapport à la population échantillonnée, c'est le taux de masculinité ou de féminité.

$$T_F = \frac{N_F}{N_T} \times 100 ; T_M = \frac{N_M}{N_T} \times 100$$

Où :

N_M : nombre de mâles;

N_F : nombre de femelles;

N_T : $N_M + N_F$.

C'est le rapport du taux de femelles sur le taux mâles de la population considérée qui détermine le sex-ratio $SR = F/M$ ou inversement $SR = M/F$ (Kartas et Quignard, 1984).

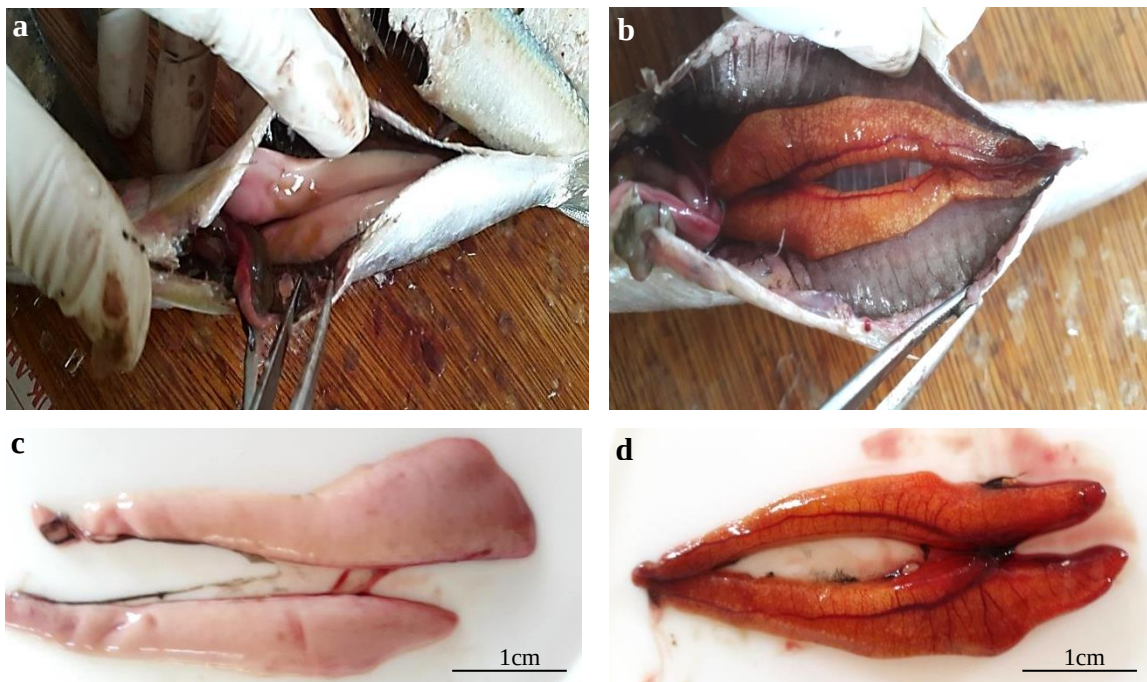


Figure 31: Différenciation sexuelle chez *S. aurita*. Aspect des gonades avant et après extraction chez les mâle (a et c) et chez les femelles (b et d) (Dahel, 2018).

La valeur de l'écart réduit ε (Schwartz, 1983) est un test d'homogénéité qui permet de comparer les tailles moyennes des mâles et des femelles.

$$\varepsilon = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Où:

$\bar{X}_1$: moyennes des échantillons femelles;

$\bar{X}_2$: moyennes des échantillons mâles;

σ_1^2 σ_2^2 : variances des 2 sexes;

n_1 et n_2 : nombres des 2 sexes.

2.4.3.2. Stade de maturité sexuelle.

Le terme "stade de maturité" est employé pour désigner le degré de maturité des gonades d'un poisson et non que le poisson est sexuellement mûr ou non. Ainsi, le terme "1^{ère} maturité" est employé pour décrire un poisson qui se reproduit pour la première fois, quant à la maturation c'est l'évolution vers la maturité des gonades.

L'estimation courante des stades de maturité est effectuée normalement en attribuant aux individus des stades selon des caractères qui peuvent être différenciés *de visu* comme la coloration, la consistance, la vascularisation superficielle, l'épaisseur et la transparence de la paroi de la gonade, la forme et le volume des gonades. Le principe d'attribution d'un stade à un poisson consiste à observer fréquemment un nombre élevé de gonades, afin d'arriver à l'image, la plus représentative possible, du stade de maturité de la population étudiée et des changements qui y surviennent avec le temps (Holden et Raitt, 1974).

Nous avons utilisé l'échelle macroscopique de maturité des gonades proposée par Fontana (1969) (voir annexe 2), qui s'est inspiré des observations de Poinsard et Troadec (1966) selon lesquelles plusieurs stades sexuels peuvent se superposer. Fontana (1969) suggère un fractionnement de la ponte pouvant se produire plusieurs fois au cours d'une même saison de reproduction.

Cette échelle, basée sur l'étude des sardinelles du Congo, a été également utilisée par Hemida (1987) et Ba (1987) dans l'étude de la reproduction de l'anchois *Ergraulis encrasicolus*, Harchouche (2006) dans l'étude de la mendole *Spicara Maena* et Benina (2015) dans l'étude de la bogue *Boops boops*. Ils ont montrés que 5 stades au lieu de 6 sont suffisants pour établir la taille de la 1^{ère} maturité sexuelle:

Stade I: immatures et repos sexuel.

Stade II: début de maturation.

Stade III: Pré-ponte.

Stade IV: Ponte.

Stade V: Post-ponte.

Les critères retenus pour distinguer macroscopiquement les différents stades de maturité du cycle de reproduction des petits pélagiques sont décrits dans le tableau 3.

Tableau 3: Echelle macroscopique de maturité sexuelle des gonades (Fontana, 1969 modifié).

Stades	Femelles	Mâles
I: Immatures et repos sexuel	Ovaires transparents, filamenteux à membrane très fines, la vascularisation est légèrement apparente. Coloration orange pâle.	Testicules transparents très petits, en "lame de couteau". Noyés dans la graisse, ils sont difficiles à repérer. Coloration gris clair, rose ou légèrement transparent.
II: Début de maturation	Ovaires opaques, vascularisés. aspect granuleux, ils occupent le 1/4 de la cavité abdominale. Quelques ovocytes sont visibles à l'œil nu. Coloration orangée foncée	Les testicules occupent le 1/4 de la cavité abdominale et deviennent opaques. A la surface, on ne voit pas aisément les ramifications terminales des vaisseaux sanguins internes. Coloration blanc rougeâtre homogène.
III: Pré-ponte	Ovocytes bien visibles et disposés en rangées serrées à l'intérieur des ovaires qui occupent les 3/4 de la cavité générale. Vascularisation développée Coloration jaune orange.	Gonades facilement repérables dans la masse adipeuse. Occupent plus de la 1/2 de la cavité générale. Le sperme coule quand on incise. Leur surface présente des figures étoilées correspondant aux ramifications terminales des vaisseaux sanguins de la gonade.
IV: Ponte	Les ovaires occupent toute la cavité abdominale, vascularisation très développée surtout sur la partie postérieure des ovaires. Les ovocytes, visibles à travers la paroi ovarienne, rendent la surface des ovaires granuleuse. Coloration rouge.	Testicules pleins, à surface lisse et brillante, très mous occupant la totalité de la cavité abdominale, qui émet du sperme lorsqu'on la presse. Coloration blanc - ivoire.
V: Post-ponte	Ovaires très vascularisés, aspect de sacs vides. Coloration rougeâtre (congestion des vaisseaux sanguins).	Sperme épuisé. testicules prenant l'aspect de sacs vides, vascularisation interne visible par transparence. Coloration gris-rose.

2.4.3.3. Taille de 1^{ère} maturité sexuelle (L_{50}).

La taille de 1^{ère} maturité sexuelle (L_{50}) nous renseigne sur la fraction du stock apte à assurer le renouvellement de l'espèce et, par conséquent, nous informer sur la taille minimale légale des poissons pouvant être pêchés. L'objectif n'est pas alors une protection de principe des immatures, mais la préservation d'une fécondité suffisante pour régénérer le stock. (*in* Belhoucine, 2012). La maturité sexuelle est déterminée par l'âge. Néanmoins, il semble y avoir une certaine plasticité de l'âge et de la taille à la maturité sexuelle en réponse aux conditions environnementales, et en particulier à la disponibilité en nourriture. Il a été établi qu'une croissance rapide favorise une maturation plus précoce à la fois en termes de taille et d'âge (Taranger *et al.*, 2010). Plusieurs définitions sont données de la taille de première maturité sexuelle. Pour Postel (1955), c'est la longueur du plus petit individu adulte. Pour Fontana et Pianet (1973), Le Grand (1960) et Stequert (1976), c'est la longueur à laquelle 100% des individus sont matures.

La définition la plus utilisée et que nous avons retenue, est celle de Batts (1972), Shung (1973) et Conand (1977) qui définissent la taille de 1^{ère} maturité sexuelle L_{50} comme étant la longueur pour laquelle 50% des individus sont matures.

La taille de 1^{ère} maturité a été déterminée pour les femelles, les mâles et pour la population totale, en procédant ainsi à l'examen du pourcentage d'individus matures (du stade II à V) en fonction de la taille. Cette dernière constitue une donnée primordiale pour l'évaluation de la biomasse exploitable.

2.4.3.4. Indices pondéraux.

2.4.3.4.1. Rapport gonado-somatique (R.G.S.).

La taille des gonades est un critère souvent utilisé dans les échelles macroscopiques de développement des ovaires ou des testicules. Devant l'incertitude du diagnostic de ces échelles, une mesure plus objective mettant en relation le poids des gonades et celui du corps a été introduite: le rapport gonado-somatique (**R.G.S.**). La plus ancienne référence d'utilisation du poids des ovaires par rapport au poids du poisson, pris comme référence et comme mesure de l'état de maturation revient à Hoek (1895) (*in* Monteiro, 2004). En plus d'indiquer le stade de développement des gonades, la forme de la courbe d'évolution annuelle du R.G.S. donne une indication sur la stratégie et la période de ponte d'une espèce (West, 1990 et Mahé *et al.*, 2005).

La formule utilisée pour établir le R.G.S. individuel est:

$$R.G.S. = \frac{W_g}{W_e} \times 100$$

où:

W_g: Poids de la gonade en g;

W_e: Poids du poisson éviscéré en g.

Chez les poissons, les espèces dites «maigres» stockent la graisse sous forme de lipides dans le foie et les espèces «grasses» dans le muscle. (Hoar, 1957; Bertin, 1958).

Le suivi de l'évolution du rapport hépato-somatique (**R.H.S.**) n'est pas fondamental: chez les poissons "gras", telles que nos 2 clupéidés (Sardine et Sardinelle), le stockage des lipides a lieu dans les muscles, à l'intérieur ou entre les fibres musculaires (Bertin, 1958), le foie ne subira donc pas au cours du cycle sexuel des variations significatives en poids et en volume.

2.4.3.4.2. Facteur de condition (**K**).

Le facteur de condition (**K**), donne, en absence d'analyses biochimiques, une estimation des variations saisonnières d'énergie. En effet, plusieurs espèces de poissons présentent des changements saisonniers de leurs compositions biochimique et énergétique associées à l'alimentation, la migration, la maturation et la ponte (Dutil et Lambert, 1995).

La relation entre les variations saisonnières de **K** et d'autres paramètres, tels que le RGS. et la proportion mensuelle des stades macroscopiques, peut aider à connaître le moment et la durée de la maturation des gonades, car à cette période les transferts d'énergies vers les gonades sont considérables (Htun-Han, 1975). Nous avons retenu le facteur **K** de Fulton (1911) comme facteur de condition:

$$K = \frac{W_e}{L_T^b} \times 100$$

où:

L_T: longueur totale du poisson en (cm);

W_e: poids éviscéré du poisson en (g);

b: coefficient d'allométrie, calculé par la relation taille-poids.

Le RGS et le facteur de condition (**K**) ont été calculés entre le poids des gonades (W_g) et le poids du poisson éviscéré (W_e), en raison de la grande quantité de graisse qui s'accumule dans la cavité abdominale à certaines périodes de l'année.

2.4.4. Estimation de la mortalité.

Afin d'estimer le niveau optimal d'exploitation, il est nécessaire de connaître à la fois le taux de croissance et le taux de mortalité. En règle générale, au cours de la période entre l'arrivée de jeunes spécimens dans la zone de pêche et l'âge de la première capture, seuls les facteurs de mortalité naturelle sont apparents. Après la première capture de jeunes spécimens, la mortalité par pêche commence aussi à avoir de l'influence. La mortalité de l'espèce, à ce moment-là, est le résultat de l'action combinée de la mortalité naturelle et de la mortalité par pêche (*in* Hebbar, 2013).

2.4.4.1. Mortalité totale (Z).

Si les apports apportés à un stock de poissons sont scindés en 2 parties, représentées par la croissance et le recrutement provenant de la reproduction, ses pertes sont représentées par une seule partie: la mortalité. Le taux de mortalité **Z** est une donnée nécessaire pour l'aménagiste des pêches, à l'échelle d'une année, il est composé de la mortalité due aux captures des pêches (**F**) et aux mortalités naturelles (**M**) (physiologiques, génétiques, climatiques, etc.) (Pauly, 1997).

$$Z = F + M$$

Où:

F: coefficient instantané de mortalité par pêche (an⁻¹);

M: coefficient instantané de mortalité naturelle (an⁻¹).

Dans le cas d'absence de toute activité d'exploitation ou de pêche, la mortalité totale se confond avec la mortalité naturelle on a:

$$Z = M$$

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de la mortalité totale **Z** à partir des distributions de fréquences de tailles. On peut obtenir comme le suggèrent Beverton et Holt, (1956) ou encore Jones, (1983) et Pauly, (1997), une évaluation raisonnable de **Z** en connaissant la longueur moyenne d'un échantillon représentatif de la population ou en traçant la droite dite des effectifs cumulés. Une des méthodes les plus communément appliquée dans les eaux tempérées pour l'estimation de la mortalité totale est la méthode de la courbe des captures en longueur avec des intervalles de temps constant. Les premières utilisations de cette méthode datent des travaux d'Edser (1908), Heincke (1913) et Baranov (1918). Cette méthode a été revue par Beverton et Holt (1956); Chapman et Robson (1960); Robson et

Chapman (1961); Ricker (1975), in Sparre et Venéma (1998) et Pauly (1984a; 1984b; 1990, 1997).

Nous avons retenu la méthode de Pauly (1984 a;1984 b; 1990, 1997) appelée, «méthode de la courbe de capture linéarisée», et basée sur l'élaboration de la courbe de captures selon les longueurs. L'application de cette méthode nécessite le regroupement des échantillons mensuels sur une année, et ce pour les espèces à faible longévité, telles la sardine et la sardinelle. L'estimation de **Z** au moyen de la courbe des prises est basée sur l'analyse des structures démographiques issues de la clé âge-longueur. Pour obtenir **Z** de cette façon, il faut 3 conditions (Pauly et Moreau, 1997):

- regrouper les différents échantillons en une distribution de fréquences unique représentative de la population pendant la période considérée ;
- construire la courbe de captures elle-même à partir de cet échantillon unique et de l'équation de courbe de croissance en longueur et
- ne prendre en considération que la partie descendante située sur la droite de la courbe de captures.

Les courbes de captures selon les longueurs sont de 2 types avec et sans saisonnalité. Nous avons utilisé les courbes de captures selon les longueurs **sans saisonnalité** pour le calcul de la mortalité totale (**Z**), dont les paramètres de saisonnalité $C = 0$ (FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005). Cette méthode permet l'estimation des probabilités de captures qui ne prennent pas en considération les oscillations saisonnières de croissance. Cette courbe est définie par l'équation:

$$\ln (N_i / \Delta t_i) = a + b$$

Où:

N_i : nombre de survivants à l'âge t_i ;

a : constante correspondant à l'ordonnée à l'origine;

$b = -Z$; et

Δt_i : temps moyen que prend un poisson, au cours de sa croissance, pour traverser la classe de tailles i .

Il se calcule par:

$$\Delta t_i = \ln [(L^\infty - L_{i1}) / (L^\infty - L_{i2})] / K$$

Où

L_{i1} et L_{i2} sont respectivement les limites < et > de la classe de longueur i .

2.4.4.2. Mortalité naturelle (M).

La mortalité naturelle **M** représente toute source de mortalité autre que la mortalité liée à la pêche (Pauly, 1988). Le coefficient **M** est l'un des paramètres les plus difficiles à évaluer, pourtant, une valeur aussi exacte que possible de **M** est nécessaire pour mettre en œuvre la plupart des modèles habituels de gestion des stocks.

Un certain nombre de méthodes empiriques fondées sur des caractéristiques liées à la longévité, à la croissance, à la maturation, et les conditions du milieu peuvent être utilisées pour estimer **M**, parmi elles:

- **la méthode de Djabali et al. (1993)** spécifique à la méditerranée qui utilise une équation déduite de régressions linéaires multiples, basée sur les paramètres de croissance et de mortalité obtenus à partir de 56 stocks de poissons méditerranéens.

$$\text{Log}_{10} M = -0.0278 - 0.1172 \text{Log}_{10} L_{\infty} + 0.5092 \text{Log}_{10} K$$

- **la méthode de Pauly (1980)** où il considère que chez les poissons, la mortalité naturelle est corrélée avec la longévité donc avec **K**, avec la taille puisque les grands poissons ont moins de prédateurs et avec la température moyenne de leur environnement. L'équation empirique de Pauly (1980) est donnée par la forme suivante:

$$\text{Log } M = -0.0066 - 0.279 \text{Log}(L_{\infty}) + 0.6543 \text{Log}(K) + 0.4634 \text{Log}(T^{\circ})$$

Où:

K et L_{∞} : Paramètres de l'équation de Von Bertalanffy.

T: température moyenne annuelle en °C de l'eau où la population a été échantillonnée (entre 15 et 21.2°C).

La méthode de Pauly (1980) est recommandé pour les petits pélagiques (PP) de toutes les régions du monde; en considérant que **M** est lié au paramètre de croissance **K** et corrélé avec la température moyenne annuelle de l'habitat du poisson (T°) cette équation peut conduire comme le montrent Sparre et Venema, (1996) à des erreurs car, si au cours de l'année, l'eau ambiante chauffe, la mortalité naturelle s'élève et vice - versa. A partir de cette constatation, nous avons opté pour la méthode de Djabali et al. (1993) mieux adaptée à l'étude des poissons méditerranéens, qui selon Bouaziz et al. (2014) permet de calculer avec un maximum d'exactitude le coefficient de mortalité naturelle (**M**).

2.4.4.3. Mortalité par pêche (F).

La mortalité par pêche est un paramètre essentiel pour l'étude de la dynamique d'un stock exploité, c'est le paramètre essentiel de l'exploitation (Laubier, 2003). Après avoir calculé les coefficients **Z** et **M**, la détermination de la mortalité par pêche (**F**) se fait à partir de la relation suivante:

$$\boxed{Z = M + F} \implies \boxed{F = Z - M}$$

2.4.4.4. Taux d'exploitation (E).

Le taux d'exploitation **E** est le rapport des individus morts par pêche sur le nombre d'individus morts par diverses causes. Il est déterminé par la formule de Pauly (1997) :

$$\boxed{E = F / Z = F / (M + F)}$$

Le stock est en équilibre lorsque E est proche de 0,5. Ceci repose sur l'hypothèse postulant que la prise potentielle est optimisée quand on a égalité entre la mortalité naturelle et la mortalité par pêche (Gulland, 1971 *in* Pauly, 1985):

- $E < 0.5$: Stock sous-exploité (underfishing);
- $E > 0.5$: Stock surexploité (overfishing);
- $E = 0.5$: Stock en équilibre; situation idéale dans la mesure où la production est maximale tout en assurant la pérennité de l'activité et de l'espèce (*equilibrium*).

2.4.4.5. Probabilités de captures selon les longueurs.

La probabilité qu'un poisson soit capturé par un engin de caractéristiques données, «la sélectivité» est un des processus liés à la mortalité par pêche, c'est une mesure de la capacité d'un engin de pêche à ne capturer qu'une partie des spécimens présents. Elle correspond donc à une sélection soit des espèces pêchées, soit de la gamme des tailles et donc des âges pêchés (Gascuel, 2008). Dans ce cas, la sélectivité peut être exprimée par une courbe des taux de capture en fonction des tailles. Drouineau (2008) note que, le plus souvent la sélectivité est décrite par une fonction mathématique (sigmoïde, gamma ou double gaussienne) de la taille du poisson et des caractéristiques techniques de l'engin par exemple, la maille pour un chalut ou un filet.

L'âge de 1^{ère} capture est celui qui correspond à un échappement de 50% (Gascuel, 2008). Pour estimer les paramètres de sélectivité, (L_{c25} , L_{c50} , L_{c75}), FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005).

D'après Pauly (1984 a), les probabilités de captures se calculent comme suit:

$$Ln [(1/P_L)-1] = S1 - S2 L$$

Où:

PL: est la probabilité de capture pour la longueur L.

$$L_{C25} = [Ln(3)-S1]/S2$$

$$L_{C50} = S1/S2$$

$$L_{C75} = [Ln(3)+S1]/S2$$

Où:

S1 et S2 variables utilisées dans l'estimation des probabilités de captures dans le modèle logistique.

2.4.5. Evaluation de l'état d'exploitation.

La préservation des ressources halieutiques suppose la nécessité d'assurer une exploitation durable de ces ressources qui doivent être gérées selon le principe du niveau de rendement maximal durable (RMD), Maximum Sustainable Yield (MSY) (CIEM, 2006).

Pour qu'un stock soit exploité au rendement maximal durable, il faut ajuster l'effort de pêche et les modalités de captures au maximum de ce qu'il peut produire durablement. Dans ces conditions, l'exploitation et la conservation des ressources marines nécessitent une bonne connaissance de la structure des populations et l'identification des stocks (Cadrin *et al.*, 2013).

Aujourd'hui, les halieutes disposent des méthodes rétrospectives, qui font appel à des données historiques, appelées analyse de population virtuelle VPA ou analyse des cohortes ou analyse séquentielle des populations (Sparre et Venema, 1996). Selon Mtimet *et al.* (1995), cette analyse fait partie des modèles analytiques les mieux adaptés aux stocks pélagiques Méditerranéens, il est conseillé par les différents groupes d'experts, de par le monde (CGPM, CIEM, ICCAT, NAFO, NOAA...) pour les pays du Sud, à cause de la relative aisance de son utilisation.

Cette méthode sera retenue pour l'étude de l'évaluation du stock de la sardine et de la sardinelle par traitement au VIT (Lleonart et Salat, 1997). Recommandé par la FAO, ce logiciel présente l'avantage de fonctionner avec des pseudo-cohortes, c'est-à-dire la connaissance des captures sur un an au lieu d'une série historique d'une dizaine d'années (Lleonart et Salat, (2000).

2.4.5.1. Analyse de la population virtuelle (VPA).

Au cours de l'analyse de ces pseudo-cohortes, l'estimation des effectifs du stock à chaque taille ou à chaque âge, ainsi que celle des coefficients instantanés de mortalités par pêche correspondants, se font par la résolution d'un système à 2 équations: équation de survie et équation de capture.

1. Equation de survie qui relie le nombre d'individus survivants à un instant t (N_i) à la mortalité totale (Z):

$$N_i = N_{i+1} \times (e^{(F_i + M_i) \Delta t} - 1)$$

2. Equation des captures en nombre (C_i) sur un intervalle quelconque de temps (t_1, t_2):

$$C_i = \frac{F_i}{Z_i} \times N_{i+1} (e^{Z_i \Delta t} - 1)$$

Où:

C_i : capture en nombre de chaque âge i ;

Z_i et F_i : mortalités totale et par pêche de chaque âge i ;

N_{i+1} : nombre de survivants à la fin de l'année pour rendre compte d'une capture C_i de chaque âge i ; et

Δt : intervalle de temps.

- Equation de la biomasse.

Une fois la population en nombre est reconstituée, la biomasse est calculée à partir de l'équation:

$$\overline{B_i} = \overline{N_i} \times \overline{W_i}$$

Où:

B_i : biomasse moyenne annuelle de la cohorte appartenant à la classe i ;

N_i : nombre moyen annuel de la cohorte de la classe i et

W_i : poids moyen de la cohorte de la classe i .

- Tailles critiques.

Il est possible d'obtenir les âges et les tailles critiques (taille et âge auxquels la cohorte atteint sa biomasse maximale). Pour le stock vierge, l'âge critique s'obtient par l'équation:

$$t_{cri} = t_0 + \frac{1}{K} * \ln(3 \frac{K}{M} + 1)$$

Où:

t_0 : correspond à l'âge critique du stock vierge;

K : paramètre de l'équation de Von Bertalanffy;

M : mortalité naturelle.

Quant à la taille critique du stock vierge, il suffit d'introduire l'âge critique dans l'équation de von Bertalanffy (Leonart et Salat, 1992) et pour le niveau actuel d'exploitation (stock actuel) on remplace M par $M + F$.

3.4.5.2. Biomasse totale équilibrée (D).

D'après Laurec et Le Guen (1981) quand toutes les cohortes présentes sont du même effectif à l'âge de recrutement et ont toutes subi le même régime d'exploitation. Le stock est alors dit en «situation d'équilibre».

La biomasse totale est une mesure du poids total de la population dans son ensemble. Il s'agit de la quantité de biomasse du stock, renouvelée durant une année. Le stock exprimé en nombre d'individus «augmente» suivant le nombre de nouvelles recrues **R** et la biomasse du stock évolue à la fois en fonction de ce nombre et de la croissance pondérale individuelle de l'ensemble des poissons du stock **C**. Le stock «diminue» proportionnellement à la quantité de poissons qui meurent de causes naturelles **M** (maladie ou prédation) ou par pêche **F**, ce facteur étant généralement le premier responsable de la chute des rendements et du déclin des stocks de poissons.

Dans le cas d'un stock vierge non exploité: $R + C = M$

Dans le cas d'un stock soumis à une pression de pêche: $R + C = M + F$

Biomasse totale équilibrée (D) =

Gains [Recrutement (**R**) + croissance (**C**)] = **Pertes** [Mortalité naturelle (**M**) + Mortalité par pêche

2.4.5.3. Modèle de rendement et de biomasses par recrue.

- Modèle de rendement par recrue (Y/R).

Selon Lleonart et Salat (1997), l'analyse de rendement par recrue Y/R , permet une vision plus globale de la population étudiée. Le rendement correspond au poids total de la capture et le recrutement, au nombre initial d'individus de la première classe. Ainsi, le rendement par recrue Y/R peut être obtenu en divisant la capture totale par le nombre de recrues calculées par la VPA. La courbe de production par recrue atteint fréquemment le maximum: la production maximum équilibrée (MSY ou Y_{max}/R) (fig. 32).

Caddy (1998), mentionne que le F_{MSY} , dit encore le F_{Max} , qui est à l'origine du MSY, fait partie des points limites de référence biologique, **LRP** "Limit Reference Points" qui sont des valeurs maxima de mortalité par pêche qui ne doivent pas être dépassées. Dans le cas contraire, on considère que la capacité d'auto - renouvellement du stock est mise en danger.

- Modèle de biomasse par recrue (B/R).

Le modèle de biomasse par recrue de Beverton et Holt (1957), exprime la biomasse annuelle des survivants en fonction de la mortalité par pêche ou de l'effort. A la valeur de F_{max} correspondront des valeurs de B_{max}/R et Y_{max}/R (fig. 32).

Selon Sparre et Venema (1996), la capture en effectifs / an s'exprime sous la forme:

$$\frac{\bar{B}}{R} = \frac{Y}{R} \times \frac{1}{F}$$

Où:

$\bar{B}$: biomasse moyenne annuelle se trouvant dans la mer pendant une année;

F : mortalité par pêche;

Y : rendement.

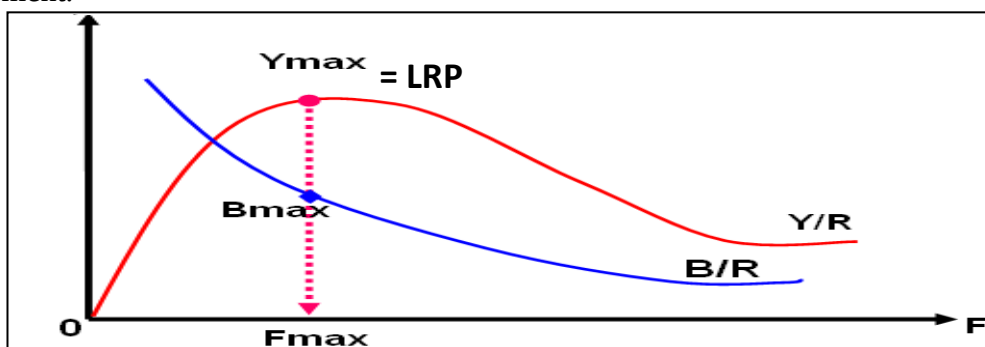


Figure 32: Courbe à long terme de $\bar{B}/R$ et Y/R contre F , pour un régime d'exploitation donné (Cadima, 2000).

2.4.5.4. Calcul du point de référence cible $F_{0.1}$.

Cette valeur de niveau de pêche, dite F_{cible} , fait partie des **Points de Référence Biologique, PRB "TRP, Target Reference Points"**. Selon Cadima (2002), le F_{cible} , est la valeur de F pour laquelle l'accroissement marginal du rendement par recrue est de 10 % de sa valeur pour $F = 0$ où le stock est vierge (fig.33).

La production à $F_{0.1}$ est très proche de celle à F_{MSY} et beaucoup plus rentable car pour atteindre la «véritable production maximale équilibrée (MSY) qui se trouve seulement 10% plus haut, il faudrait élever significativement l'effort de pêche, ce qui économiquement n'est pas rentable. Le calcul de $Y_{0.1}$ et $B_{0.1}$ correspondant à $F_{0.1}$ est réalisé par le VIT (Lleonart et Salat, 2000).

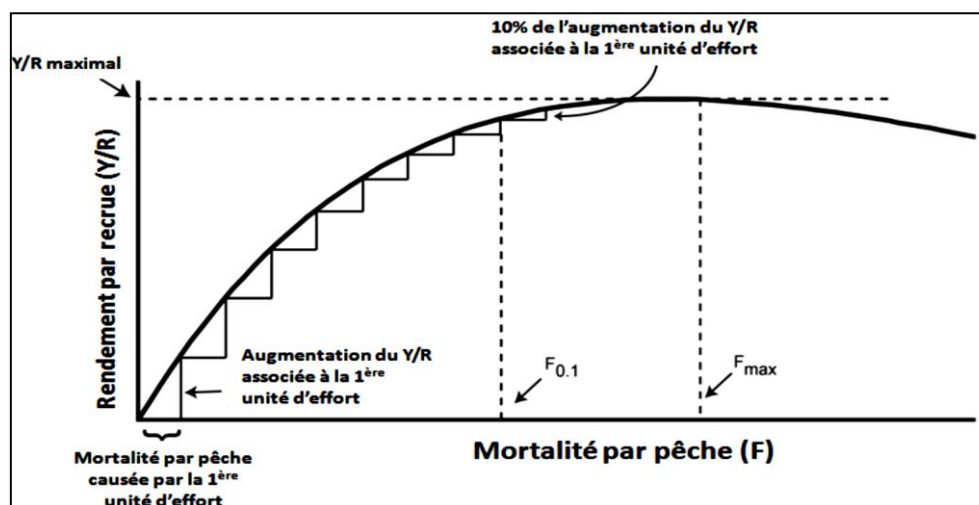


Figure 33: Diagramme de Y/R montrant le point-cible de référence $F_{0.1}$ (Cooper, 2006).

Résultats

3. Résultats.

Les résultats s'articulent autour de 5 parties, nous abordons la morphométrie où nous mesurons les paramètres méristiques et métriques avant de structurer les âges, d'apprécier le suivi des croissances et d'étudier la reproduction et la mortalité pour finalement aborder l'état d'exploitation des stocks de *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita* pêchées dans les eaux du littoral Est algérien

3.1. Morphométrie.

La morphologie de chaque individu est caractérisée par 2 types de données: les caractères méristiques et les caractères métriques.

3.1.1. Caractères méristiques chez *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*.

- Chez *Sardina pilchardus*:

Un total de 400 individus a été examiné, l'échantillon comporte 128 mâles, 269 femelles et 3 immatures.

La mesure des caractères méristiques de la population totale montre que le premier arc branchial gauche, porte un nombre de branchiospines inférieures et supérieures (NBR) variant entre 59 et 67 avec un mode de 63 et une moyenne de 63.10 ± 1.66 .

Le nombre de rayons de la nageoire dorsale (NRD) est compris entre 13 et 20 avec un mode de 16 et une moyenne de 15.81 ± 0.98 .

Les rayons de la nageoire anale (NRA) sont compris entre 16 et 19 avec un mode de 18 et une moyenne de 17.45 ± 0.93 .

Enfin, chez *S. pilchardus*, le nombre de vertèbres (NVER), fluctue entre 49 et 54 avec un mode de 51 et une moyenne de 51.21 ± 1.16 (tab. 4). La figure 34 illustre les valeurs moyennes des caractères méristiques des mâles, des femelles et des populations totales, obtenues.

Tableau 4: Distribution des valeurs moyennes des caractères méristiques étudiés chez la population totale de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien (N = 400).

Caractères méristiques	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs limites
Nombre de branchiospines	63.10	1.66	63	59 - 67
Nombre de rayons de la nageoire dorsale	15.81	0.98	16	13 - 20
Nombre de rayons de la nageoire anale	17.45	0.93	18	16 - 19
Nombre de vertèbres	51.21	1.16	51	49 - 54

Nombre de branchiospines inférieures et supérieures (NBR), nombre de rayons de la nageoire dorsale (NRD), nombre de rayons de la nageoire anale (NRA) et nombre de vertèbres (NVER).

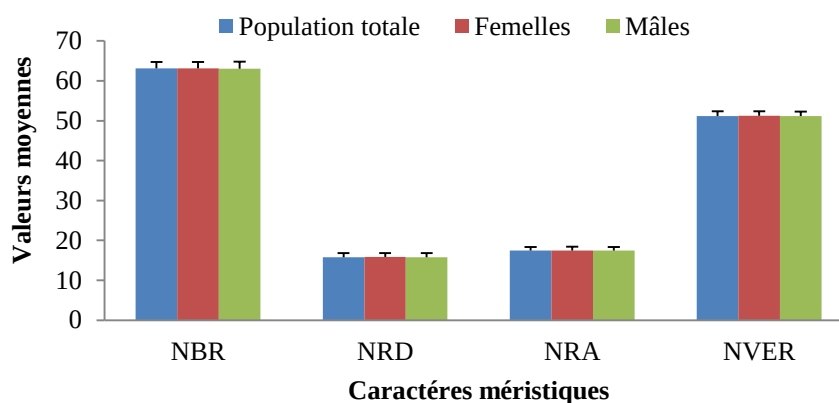


Figure 34: Représentation des valeurs moyennes des caractères méristiques chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien. NBR: Nombre des branchiospines inférieures et supérieures, NRND: Nombre des rayons de la nageoire dorsale et NRNA: Nombre des rayons de la nageoire anale, NVER: Nombre des vertèbres.

La comparaison statistique des valeurs méristiques par le test t de Student entre mâles et femelles ne montre pas de différence significative (tab. 5). Dans les cas p est > 0.05 .

Tableau 5. Comparaison statistique, test t de Student des paramètres méristiques de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

Caractères méristiques	Comparaison entre mâles et femelles		
	t_{obs}	p	Signification
Nombre de branchiospines NBR	0.37	0.71	n.s
Nombre de rayons de la nageoire dorsale NRD	0.44	0.65	
Nombre de rayons de la nageoire anale NRA	0.35	0.51	
Nombre de vertèbres NVER	0.29	0.77	

t_{obs} : t observé, $p > 0.05$ et n.s: non significative.

- Chez *Sardinella aurita*:

Pour les caractères méristiques chez *S. aurita*, nous avons examiné 400 sardinelles comportant 205 mâles, 186 femelles et 9 immatures.

La mesure des caractères méristiques de la population totale montre que le premier arc branchial gauche, porte un nombre de branchiospines inférieures et supérieures (NBR) variant entre 175 et 183 avec un mode de 177 et une moyenne de 178.5 ± 1.58 .

Les rayons de la nageoire dorsale (NRD) sont compris entre 16 et 18 avec un mode de 16 et une moyenne de 16.46 ± 1.32 .

Le nombre de rayons de la nageoire anale (NRA) fluctuent entre 15 et 17 avec un mode de 17 et une moyenne de 16.88 ± 1.25 et celui des vertèbres (NVER) entre 44 et 49 avec un mode de 47 et une moyenne de 47.51 ± 1.25 (tab. 6). La figure 35 illustre les valeurs moyennes des mâles, femelles et populations totales, obtenues.

Tableau 6: Distribution des valeurs moyennes des caractères méristiques étudiés chez la population totale de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien (N = 400).

Caractères méristiques	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs limites
Nombre de branchiospines	178.5	1.58	177	175-183
Nombre de rayons de la nageoire dorsale	16.46	1.32	16	16- 18
Nombre de rayons de la nageoire anale	16.88	1.25	17	15- 17
Nombre de vertèbres	47.51	1.25	47	44-49

Nombre de branchiospines inférieures et supérieures (NBR), nombre de rayons de la nageoire dorsale (NRD), nombre de rayons de la nageoire anale (NRA) et nombre de vertèbres (NVER).

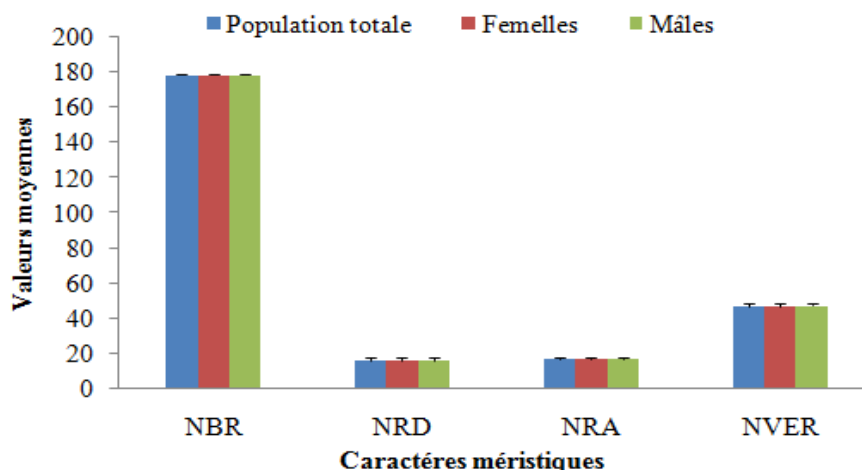


Figure 35: Représentation des valeurs moyennes des caractères méristiques chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien. NBR: Nombre des branchiospines inférieures et supérieures, NRND: Nombre des rayons de la nageoire dorsale et NRNA: Nombre des rayons de la nageoire anale, NVER: Nombre des vertèbres

La comparaison statistique des valeurs méristiques par le test t de Student entre les femelles et les mâles de la population totale montre qu'il n'y pas de différence significative car dans tous les cas $p > 0.05$ (tab. 7).

Tableau 7: Comparaison statistique (test t de Student) des paramètres méristiques de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

Caractères méristiques	Comparaison entre mâles et femelles		
	t_{obs}	p	Signification
Nombre de branchiospines NBR	0.29	0.77	n.s
Nombre de rayons de la nageoire dorsale NRD	1.74	0.08	
Nombre de rayons de la nageoire anale NRA	0.86	0.38	
Nombre de vertèbres NVER	1.45	0.14	

t_{obs} : t observé, $p > 0.05$ et n.s: non significative.

3.1.2. Caractères métriques chez *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*.

- Chez *Sardina pilchardus*:

Chez **les mâles**, les 15 paramètres **métriques** mesurés sont très hautement corrélés avec la taille (Lt) ou avec la longueur de la tête (Lc) du poisson: $0.40 \leq r \leq 0.97$; $p < 0.001$.

L'isométrie de croissance, concerne 10 caractères métriques, Ls/Lt, Lc/Lt, Lf/Lt, Do/Lc, Lmax/Lc, Lpd/Lt, LPp/Lt, Lpp/Lt, Lpa/Lt et Hpc/Lt

L'allométrie majorante est mise en évidence pour les 4 paramètres restants: LPo/Lc, Lpo/Lc, Hc/Lt et Ec/Lt (fig. 36 a) (voir détail en annexe 3).

Chez **les femelles**, les différents caractères métriques étudiés, montrent une corrélation très hautement significative à Lt ou à Lc avec $0.43 \leq r \leq 0.95$; $p < 0.001$.

Huit caractères métriques présentent une allométrie de croissance isométrique à savoir: Ls/Lt, Lf/Lt, Lc/Lt, LPo/Lc, Lmax/Lc, Lpd/Lt, LPp/Lt et Hpc/Lt.

Une allométrie minorante est observée pour Do/Lc; alors que Lpo/Lc, Lpp/Lt, Lpa/Lt, Hc/Lt et Ec/Lt présentent une allométrie de croissance majorante (fig. 36 b).

Chez **la population totale**, l'étude des caractères métriques montre une corrélation très hautement significative pour l'ensemble des couples de longueurs, on a: $0.39 \leq r \leq 0.96$ et $p < 0.001$.

Les équations de régression montrent que Ls/Lt, Lf/Lt, LPo/Lc LPd/Lt, Lpa/ Lt, Hpc/Lt et Lmax/Lc présentent une allométrie de croissance isométrique et que LPP/ Lt, Lpp/Lt, Hc/Lt, Ec/Lt et Lpo/Lc présentent une allométrie de croissance majorante quant à l'allométrie minorante, elle n'est observée que pour Lc/Lt et Do/Lc (fig. 36 c).

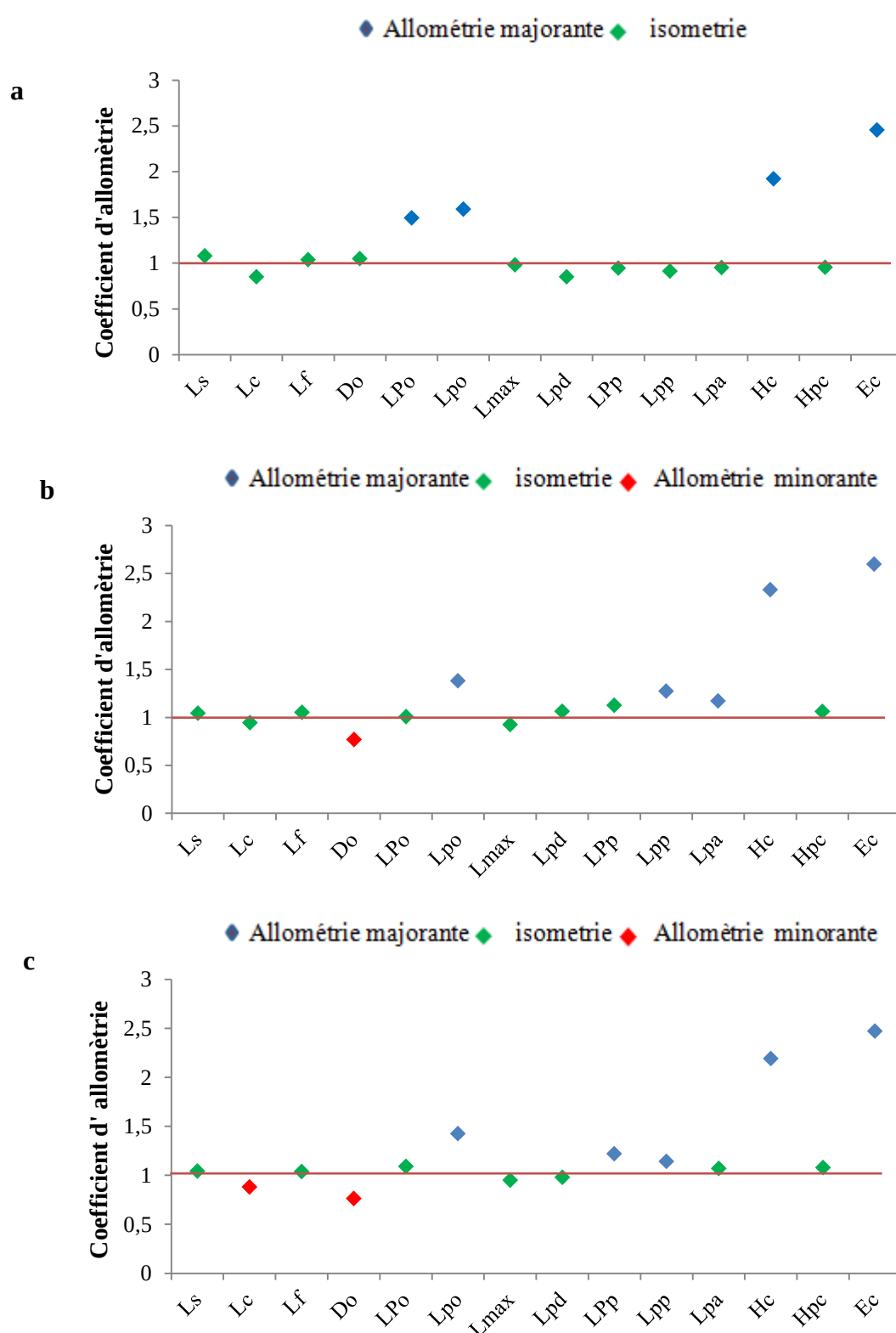


Figure 36: Variations des coefficients d'allométrie chez les mâles (a), les femelles (b) et la population totale (c) de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013. Ls: longueur standard, Lf: longueur à la fourche, LPa: longueur Préanale, LPP: longueur Pré-pectorale, Lpp: longueur post-pectorale, LPO: longueur Pré-orbitaire, Lpo: longueur post-orbitaire, Do: diamètre orbitaire, Lm: longueur du maxillaire, LPd: longueur Prédorsale, Lc: longueur céphalique, Hc: hauteur du corps, Hpc: hauteur du pédoncule caudal, Ec: Epaisseur du corps.

- **Chez *Sardinella aurita*:**

Chez **les mâles**, tous les paramètres mesurés montrent une corrélation très hautement significative avec la taille (Lt) ou avec la longueur de la tête (Lc) du poisson, on a: $0.47 \leq r \leq 0.98$; $p < 0.001$.

L'isométrie de croissance, concerne 5 caractères métriques, Lc/Lt, Lf/Lt, Do/Lc, Lmax/Lc et Lpd/Lt.

L'allométrie majorante est mise en évidence pour 8 paramètres: Ls/Lt, LPo/Lc, Lpo/Lc, Lpp/Lt, Lpa/Lt, Hc/Lt, Hpc/Lt et Ec/Lt. seule la longueur pré-pectorale (LPp) représente une allométrie de croissance minorante (fig. 37 a) (voir détail en annexe 4).

Chez **les femelles**, les différents caractères métriques étudiés sont également très hautement corrélés à Lt du poisson ou à Lc avec: $0.50 \leq r \leq 0.98$; $p < 0.001$.

Cinq caractères métriques présentent une allométrie de croissance isométrique, Lf/Lt, Do/Lc, LPo/Lc, Lmax/Lc et Lpp/Lt et une allométrie majorante est observée pour Ls/Lt, Lc/Lt, Lpo/Lc, Lpd/Lt, LPp/Lt, Lpa/Lt, Hc/Lt, Hpc/Lt et Ec/Lt (fig. 37 b).

Chez **la population totale**, les caractères mesurés présentent une corrélation très hautement significative avec la taille ou avec la longueur de la tête du poisson avec: $0.60 \leq r \leq 0.98$ et $p < 0.001$.

Les équations de régression montrent que Lf/Lt, LPo/Lc, LPp/Lt et Lpp/Lt présentent une croissance isométrique.

Huit caractères présentent une allométrie de croissance majorante: Ls/Lt, Lc/Lt, Lpo/Lc, Lpd/Lt, Hc/Lt, Hpc/Lt Lpa/Lt et Ec/Lt

Cependant seuls Do/Lc et Lmax/Lc présentent une allométrie de croissance minorante (fig. 37 c).

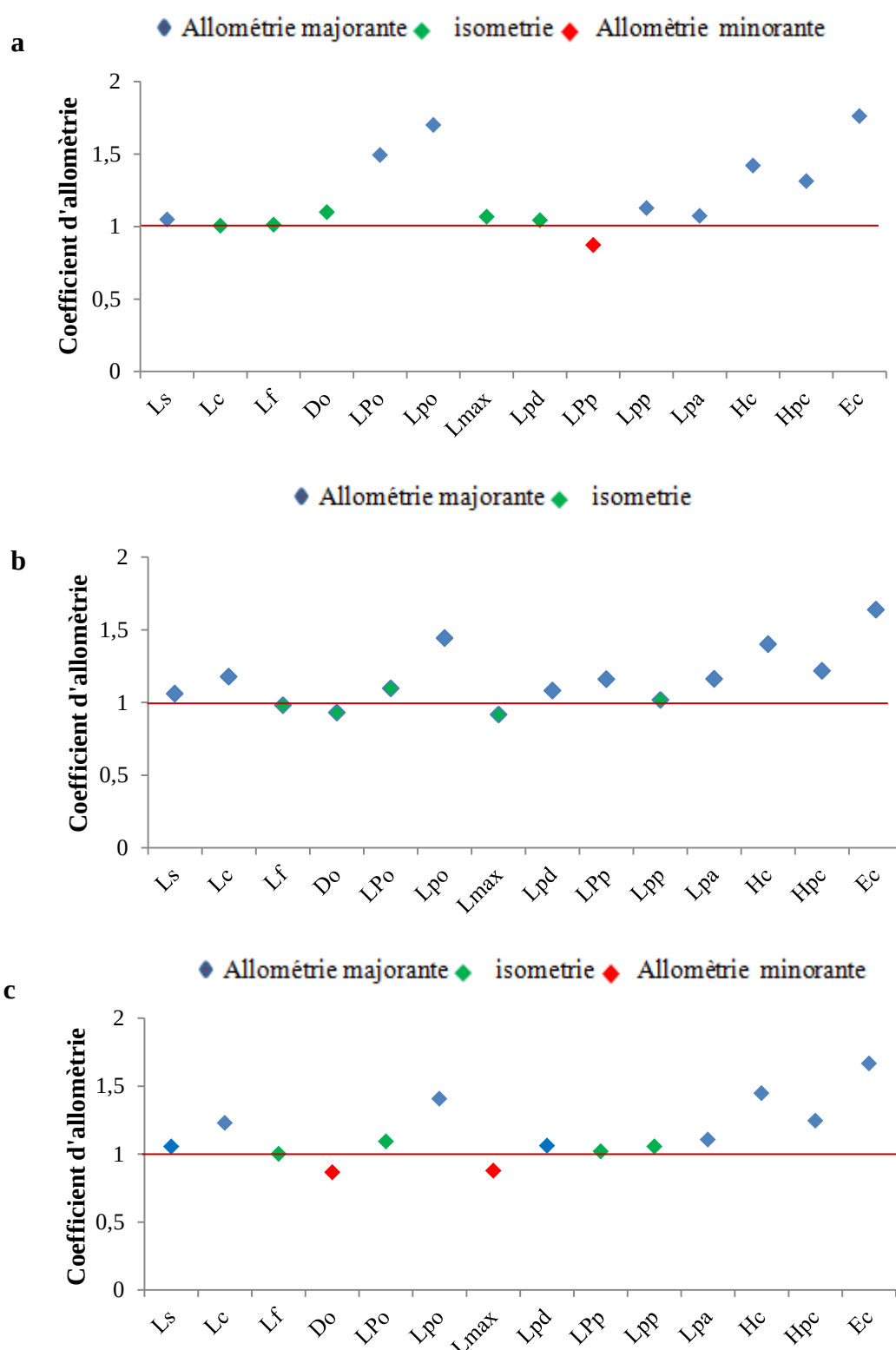


Figure 37: Variations des coefficients d'allométrie chez les mâles (a), les femelles (b) et la population totale (c) de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013. Ls: longueur standard, Lf: longueur à la fourche, Lpa: longueur Préanale, Lpp: longueur Pré-pectorale, Lpp: longueur post-pectorale, Lpo: longueur Pré-orbitaire, Lpo: longueur post-orbitaire, Do: diamètre orbitaire, Lm: longueur du maxillaire, Lpd: longueur Prédorsale, Lc: longueur céphalique, Hc: hauteur du corps, Hpc: hauteur du pédoncule caudal, Ec: Epaisseur du corps.

3.2. Estimations de l'âge et de la croissance.

3.2.1. Estimations de l'âge

3.2.1.1. Détermination de l'âge par otolithométrie.

Avant d'entamer une étude de l'âge par otolithométrie, nombreux halieutes conseillent de tester d'abord la dépendance entre la longueur du poisson (L_t) et les différentes longueurs de l'otolithe ainsi que sa surface (Lo , lo et So) basé sur le coefficient de corrélation qui mesure l'intensité de la liaison entre les 4 caractères étudiés. Chez 1297 poissons: 648 sardines et 649 sardinelles, réservées à l'étude otolithométrique, 153 paires d'otolithes ont été retenues pour l'étude de la relation L_t et taille de l'otolithe.

3.2.1.1.1. Relation L_t et taille de l'otolithe chez *Sardina pilchardus*.

Un total de 112 paires d'otolithes (fig.38) prélevées chez des individus de L_t comprises entre 8.3 et 19.5 cm ont été examinées.

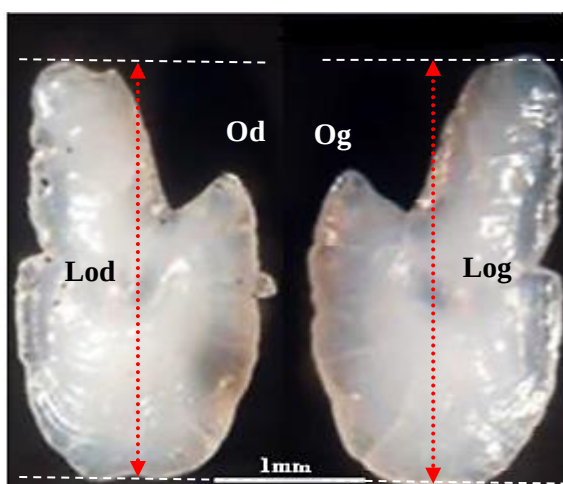


Figure 38: Paire d'otolithes *sagittae* droit (Od) et gauche (Og) observée sous loupe binoculaire en lumière réfléchie du TNPC, d'une sardine mesurant 18.3 cm ($Lod = 3.05$ mm et $Log = 3.06$ mm).

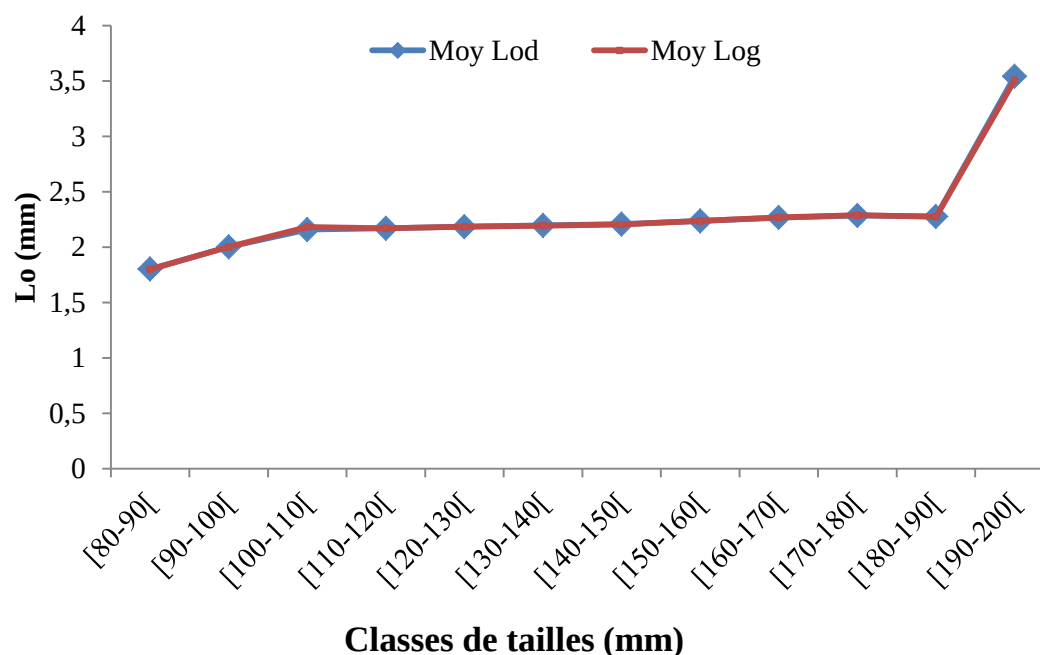
Le test d'homogénéité avec $t_{obs} = 0.36$; $t_{obs} = 0.29$ et $t_{obs} = 0.33$ respectivement pour Lo , lo , et So confirme la similitude métrique entre les otolithes gauches et droits (tab. 8). Le test d'égalité des moyennes par classes de tailles des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) confirme cette analogie métrique des *sagittae* (fig. 39). De ce fait, nous avons retenu la *sagittae* droite pour l'étude biométrique.

L'analyse de la relation entre la longueur, la largeur et la surface des otolithes droits et la taille totale des poissons L_t tout sexe confondu ne montre pas de différence significative car dans tous les cas $p > 0.005$.

Tableau 8: Résultats du test (t de Student) d'homogénéité des caractères métriques des otolithes *sagittae* gauches et droits chez *S. pilchardus* du littoral Est algérien.

Paramètres	t_{obs}	$t_{théo}$	Type d'hypothèse	p	signification
Lo	0.36	1.96	AH	0.72	n.s
lo	0.29			0.77	
So	0.33			0.74	

$p > 0.05$: n.s, différence non significative, AH: hypothèse d'égalité des 2 moyennes acceptées car $t_{obs} \leq t_{théo}$.

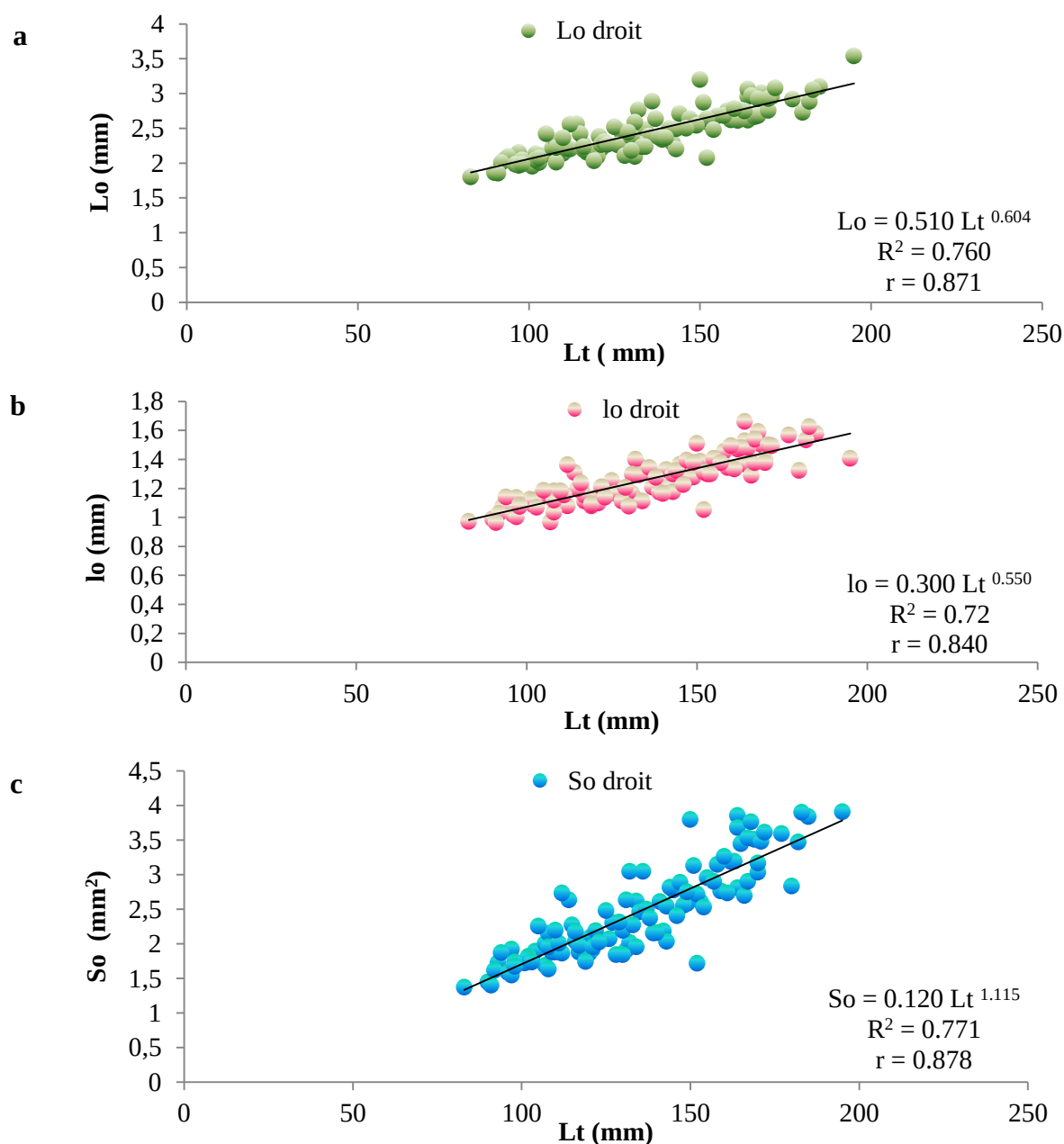
**Figure 39:** Représentation des moyennes de la longueur des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) chez *S. pilchardus*, pêchée dans les eaux du littoral Est algérien. Noter la similitude entre Lod et Log quelle que soit la classe de taille.

Les mesures des 3 paramètres des otolithes, révèlent l'existence d'une corrélation très hautement significative avec la longueur totale. En effet, les valeurs de r varient entre 0.84 pour la relation lo Lt et 0.88 pour So Lt avec $p \leq 0.001$ (tab. 9). La longueur, la largeur et la surface de la *sagittae* droite ont une croissance minorante (-), par rapport à la taille totale du poisson (tab. 9 et fig. 40).

Tableau 9: Equations de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie liant les 3 paramètres métriques de l'otolithe *sagitta* à la longueur totale (Lt) de *Sardina pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

Fonction	r	Equation de régression	Relation d'allométrie	t_{obs} et type d'allométrie	Valeurs limites
$Lo = f(Lt)$	0.87***	$Lo = 0.604 Lt - 0.391$	$Lo = 0.510 Lt^{0.604}$	8.027 (-)	$83 \leq Lt \leq 195$ mm $1.80 \leq Lo \leq 3.53$ mm
$Io = f(Lt)$	0.84***	$Io = 0.550 Lt - 0.630$	$Io = 0.300 Lt^{0.550}$	8.953 (-)	$83 \leq Lt \leq 195$ mm $0.99 \leq Io \leq 1.66$ mm
$So = f(Lt)$	0.88***	$So = 1.155 Lt - 1.097$	$So = 0.120 Lt^{1.155}$	6.026 (-)	$83 \leq Lt \leq 195$ mm $1.37 \leq So \leq 3.90$ mm ²

(-): allométrie minorante et *** valeur très hautement significative.



Figures 40: Droites de régression de la longueur totale du poisson (Lt) et la longueur (Lo) (a), la largeur (Io) (b) et la surface (So) (c) de l'otolithe droit de *S. pilchardus*.

3.2.1.1.2. Relation Lt et taille de l'otolithe chez *Sardinella aurita*

Pour la *S. aurita*, 51 paires d'otolithes appartenant à des individus de Lt comprises entre 8 et 25.5 cm ont été examinées. Le test d'homogénéité avec un $t_{obs} = 0.08$; $t_{obs} = 0.27$ et $t_{obs} = 0.16$ respectivement pour Lo , Io , et So appuie la similitude métrique des otolithes *sagittae* gauches et droits (tab. 10). Le test d'égalité des moyennes par classes de tailles des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) confirme cette similitude métrique (fig. 41). Comme pour *S. pilchardus*, nous avons retenu pour l'étude biométrique la *sagittae* droite. L'analyse

de la relation entre la longueur, la largeur et la surface des otolithes droits et la taille totale des poissons Lt (2 sexes confondus) ne montre pas de différence significative avec $p > 0.005$.

Tableau 10: Résultats du test (t de Student) d'homogénéité des caractères métriques des otolithes *sagittae* gauches et droits chez *S. aurita* du littoral Est algérien.

Paramètres	t_{obs}	$t_{théo}$	Type d'hypothèse	p	signification
Lo	0.08	1.96	AH	0.94	n.s
lo	0.27			0.78	
So	0.16			0.87	

$p > 0.05$: n.s, différence non significative; AH: hypothèse d'égalité des 2 moyennes acceptées car $t_{obs} \leq t_{théo}$.

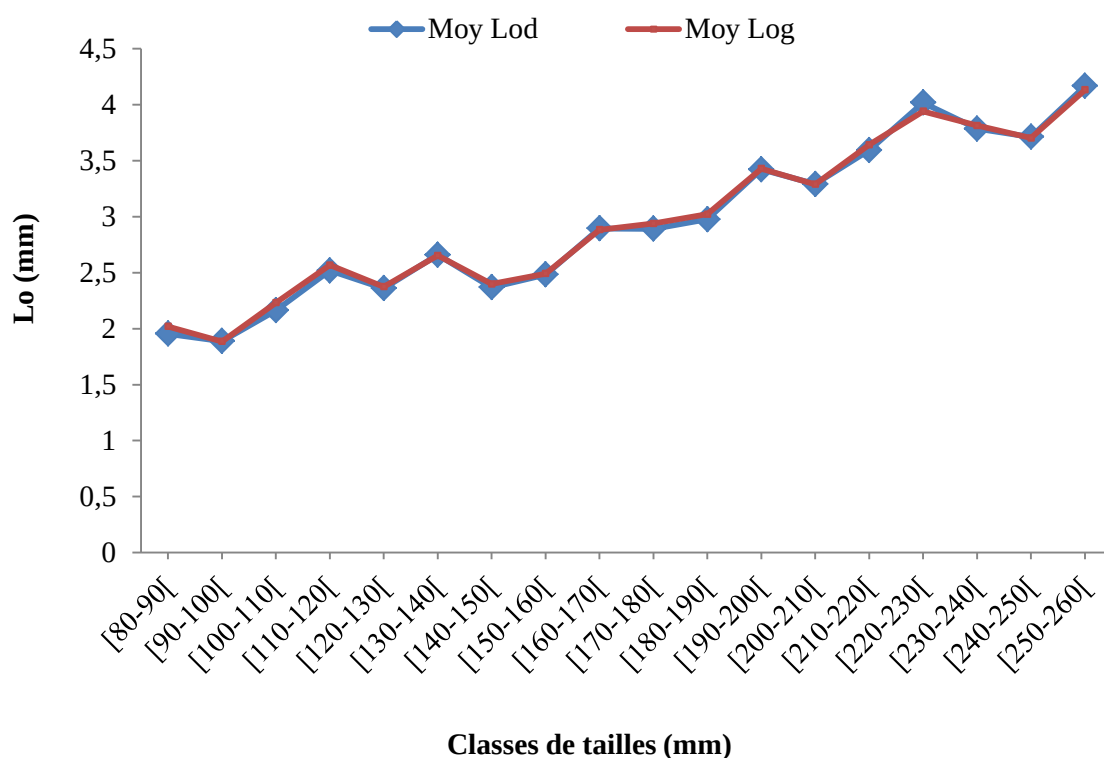


Figure 41: Représentation des moyennes de la longueur des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) chez *S. aurita*, pêchée dans les eaux du littoral Est algérien. Noter la similitude entre Lod et Log quelle que soit la classe de taille.

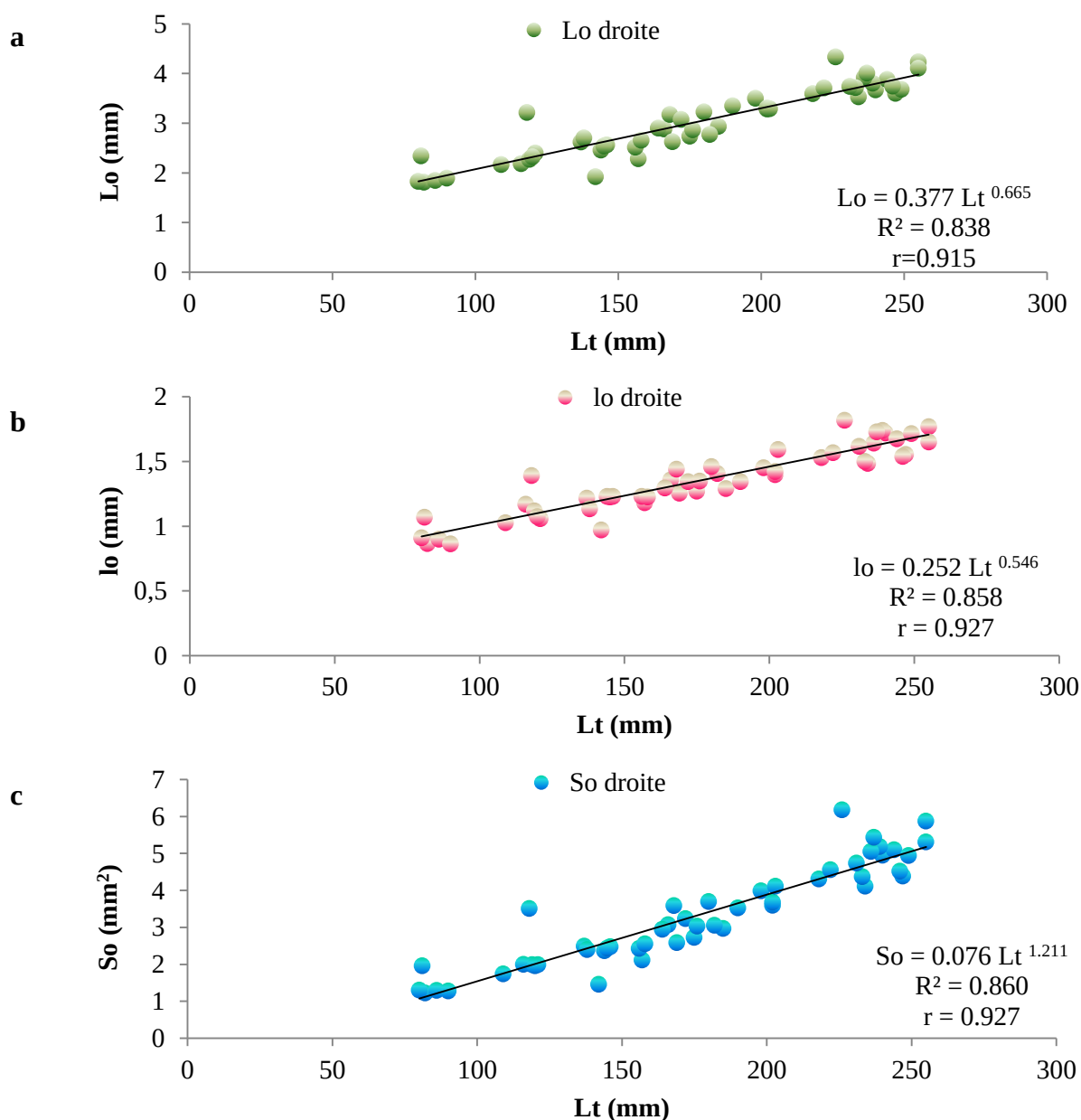
Tous les paramètres des otolithes mesurés, révèlent l'existence d'une corrélation très hautement significative avec la longueur totale avec $0.91 \leq r \leq 0.93$ et $p \leq 0.001$.

La longueur, la largeur et la surface de *la sagittae* droite ont une croissance minorante par rapport à la taille totale du poisson (tab. 11 et fig. 42).

Tableau 11: Equations de régression, coefficients de corrélation et types d'allométrie liant les 3 paramètres métriques de l'otolithe *sagitta* à la longueur totale (Lt) de *Sardinella aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

Fonction	r	Equation de régression	Relation d'allométrie	t _{obs} et type d'allométrie	Valeurs limites
Lo = f (Lt)	0.91***	Lo = 0.665 Lt-0.423	Lo = 0.377 Lt ^{0.665}	6.107 (-)	80 ≤ Lt ≤ 255 mm 1.80 ≤ Lo ≤ 3.44mm
Io = f (Lt)	0.93***	Io = 0.546 Lt-0.598	Io = 0.252 Lt ^{0.546}	10.576 (-)	80 ≤ Lt ≤ 255 mm 0.86 ≤ Io ≤ 1.81 mm
So = f (Lt)	0.93***	So = 1.211 Lt-1.113	So = 0.076 Lt ^{1.211}	5.080 (-)	80 ≤ Lt ≤ 255 mm 1.22 ≤ So ≤ 6.17 mm ²

(-): allométrie minorante et *** valeur très hautement significative.



Figures 42: Droites de régression de la longueur totale du poisson (Lt) et la longueur (Lo) (a), la largeur (Io) (b) et la surface (So) (c) de l'otolithe droit de *S. aurita*.

3.2.1.1.3. Relation entre taille, poids et rayon des otolithes chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

La taille, le poids et le rayon des otolithes croissent simultanément d'une manière linéaire, elles sont rapides puis ralentissent pour se stabiliser à l'âge adulte.

Les graphiques en 3 dimensions, obtenus par le logiciel **STATISTICA 8[®] software** (Panfili *et al.*, 2002), montrent ces fluctuations chez les sardines (fig. 43 a) et chez les sardinelles (fig. 43 b) pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.

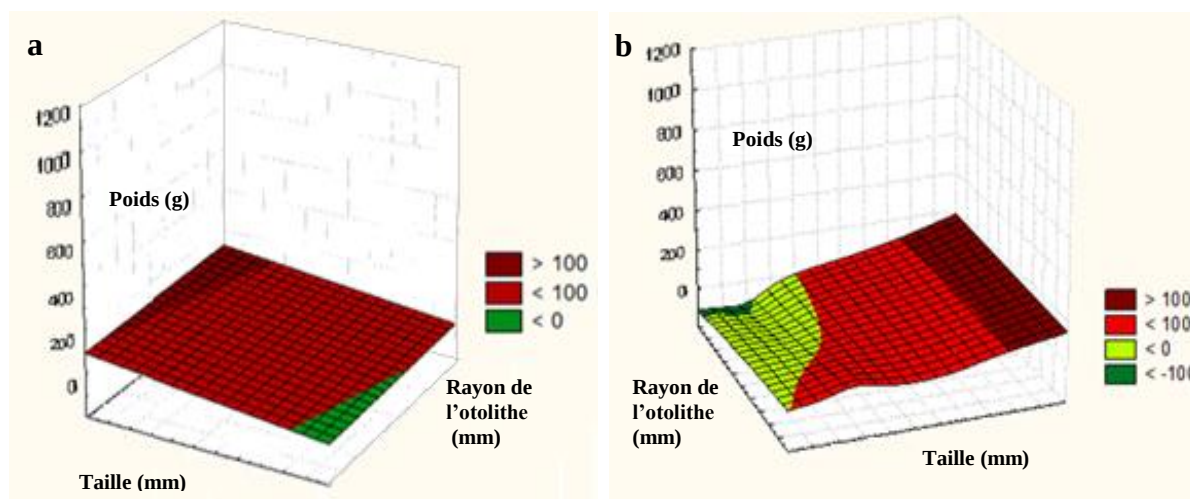


Figure 43: Représentations 3D de l'évolution des 3 paramètres de croissance: taille, poids et âge (rayon de l'otolithe) des sardines (a) et sardinelles (b) pêchées dans les eaux du littoral Est algérien obtenus par le logiciel STATISTICA (Panfili *et al.*, 2002).

3.2.1.1.4. Clé taille-âge chez *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*.

Nous avons utilisé 1297 spécimens, 648 sardines et 649 sardinelles chez qui nous avons prélevé respectivement 570 (87.96%) et 589 (90.75%) otolithes.

Chez la **sardine** dont la taille moyenne est comprise entre 9.58 et 19.5 cm, l'âge estimé varie entre 10.8 mois et 5.75 ans, avec une prédominance de la classe d'âge 3 dans les captures, représentant 51.22% des individus. Les femelles dominent presque toutes les classes d'âge, sauf dans les classes d'âge 3 et 4 où les mâles sont plus nombreux (tab. 12).

En ce qui concerne la **sardinelle**, l'âge est compris entre 11 mois et 6 ans pour les tailles moyennes allant de 10.06 à 23.64 cm. L'âge de 3 ans représente 33.78%, c'est la durée de vie la plus longue aussi bien pour les mâles que pour les femelles. A l'exception de la classe d'âge 4 où les mâles sont plus nombreux, les femelles dominent dans toutes les autres classes d'âge (tab. 13).

Tableau 12: Représentation des résultats de la clé âge-longueur obtenue par la lecture directe des otolithes de *Sardina pilchardus*. IM: Immature, M: Mâle, F: Femelle, T: Total par groupe d'âge, N: Effectif du groupe et Lt M: Longueur totale moyenne.

Age (an)																							
Taille (cm)	0	1	2			3				4			5			6				N			
	IM	IM	M	F	T	IM	M	F	T	IM	M	F	T	M	F	T	M	F	T				
8-10	2	6			6	3			3														11
10-12	2	5	2	2	9	15	7	4	26	1	2	1	4										41
12-14			1	2	3	21	21	30	72	6	60	37	103	2	1	3							183
14-16							6	7	13		80	102	182	34	31	65		1	1				260
16-18											1	2	3	28	26	54	4	10	14				71
18-20														1	1	2	1	1	2	1		1	4
N	4	11	3	4	18	39	34	41	114	7	143	142	285	65	59	124	5	12	16	1		1	570
%	0.70	1.92	0.52	0.70	3.15	6.84	5.96	7.19	20	1.22	25.08	24.91	51.22	11.40	10.35	21.75	0.87	2.10	2.80	0.17		0.17	100
Lt M	9.58	10.57	12.12	12.35	11.91	12.14	13.62	13.82	13.54	12.1	14.96	15.07	14.98	16.43	16.75	16.60	17.9	17.7	17.85	19.5		19.5	

Tableau 13: Représentation des résultats de la clé âge-longueur obtenue par la lecture directe des otolithes de *Sardinella aurita*. IM: Immature, M: Mâle, F: Femelle, T: Total par groupe d'âge, N: Effectif du groupe et Lt M: Longueur totale moyenne.

Taille (cm)	Age (an)																							
	0	1				2				3				4			5			6				N
	IM	IM	M	F	T	IM	M	F	T	IM	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T		
8-10	36																						36	
10-12	15	32			32	4			4														51	
12-14		11	5	5	21	26	4	5	35	5		1	6										62	
14-16			1	5	6	5	28	51	84	5	22	31	58	1	1	2							150	
16-18							8	8	16		48	55	103	15	13	28	3	4	7				154	
18-20											14	11	25	24	22	46	4	8	12				83	
20-22											1	5	5	13	6	18	4	1	5				28	
22-24													1	1	1	5	6		5	5	2	3	5	17
24-26															1	1	1	3	4		1	1	6	
N	51	43	6	10	59	35	40	64	139	10	85	104	199	54	48	101	12	21	33	2	4	6	589	
%	8.65	7.30	1.01	1.69	10.01	5.94	6.79	10.86	23.59	1.59	14.43	17.65	33.78	9.16	8.4	17.14	2.03	3.56	5.60	0.33	0.67	1.01	100	
Lt M	10.06	12.23	13.9	13.92	13.77	13.39	15.27	15.30	15.03	14.3	17.58	17.39	17.45	18.97	19.37	19.30	22.08	22.80	22.64	23.5	23.67	23.64		

3.2.1.1.5. Validation qualitative semi-directe chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

La méthode de validation qualitative semi-directe consiste en l'observation de séries chronologiques régulières des marques de croissance, en fonction du rythme de dépôt saisonnier (fig. 44).

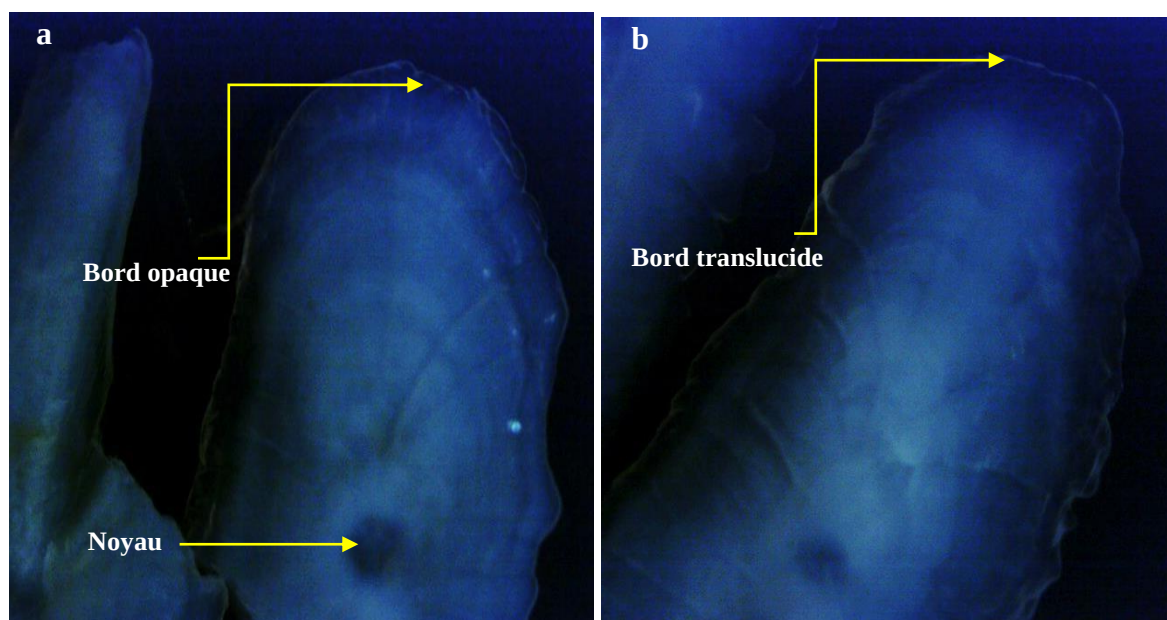


Figure 44: Microphotographies de 2 otolithes; (a) chez *S. aurita* où il présente un bord opaque et (b) chez *S. pilchardus* où il est translucide (x 50).

Nous avons validé l'âge des poissons par l'analyse du bord des otolithes qui portent les variations saisonnières représentées par des anneaux translucides (hyalins) et opaques. Aussi bien chez *S. pilchardus* que chez *S. aurita* la croissance annuelle des otolithes se fait en 2 phases, la 1^{ère} a lieu pendant les saisons froides et la seconde en saisons chaudes (fig. 45 a et b).

Chez *S. pilchardus* on note la présence de 2 anneaux par an, l'un translucide observé surtout entre octobre et mars et l'autre opaque entre avril et septembre. Les taux des zones translucides fluctuent entre 80 et 100% de novembre à mars (fig. 45 a).

Chez *S. aurita*, les bords translucides des otolithes sont observés entre décembre et avril et les opaques entre mai et novembre, les taux des zones translucides sont proches de 100% en février (fig. 45 b).

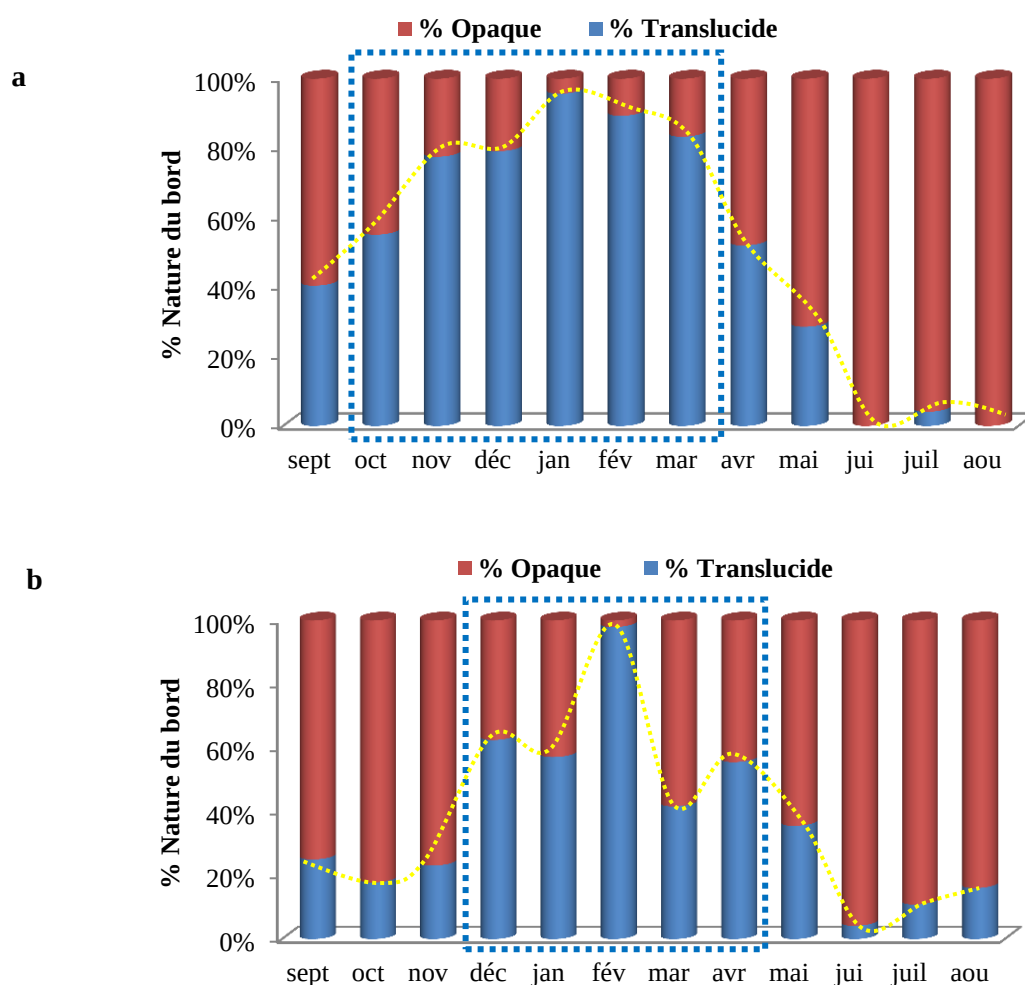


Figure 45: Evolution du pourcentage des bords opaques et translucides des otolithes de (a) *S. pilchardus* et (b) de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013. Important taux de bord translucide en périodes froides.

3.2.1.2. Détermination de l'âge par la méthode indirecte de Bhattacharya (1967) de *S. pilchardus*.

Nous avons utilisé pour la détermination de l'âge par la méthode indirecte de **Bhattacharya** 1146 sardines, répartis en 446 mâles, 655 femelles et 45 de sexe indéterminés. La distribution des fréquences de taille s'échelonne entre 8,3 et 19,5 cm (tab. 14).

Tableau 14: Représentation synthétique de la composition des tailles de l'effectif total de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

	Mâles	Femelles	Population totale.
Effectif	446	655	1146
Taille maximale Lt (cm)	19.5	19.1	19.5
Taille minimale Lt (cm)	9	8.3	8.3
Taille moyenne Lt (cm)	14.21	14.46	14.33

La taille moyenne chez les femelles est de 14.46 cm, elle est $\pm >$ à celle des mâles estimée à 14.21 cm (fig. 46 a). Pour l'ensemble des captures, le mode le plus important se situe entre 13.5 et 16 cm. Les modes < 10 et > 18 cm sont très négligeables (fig. 46 b).

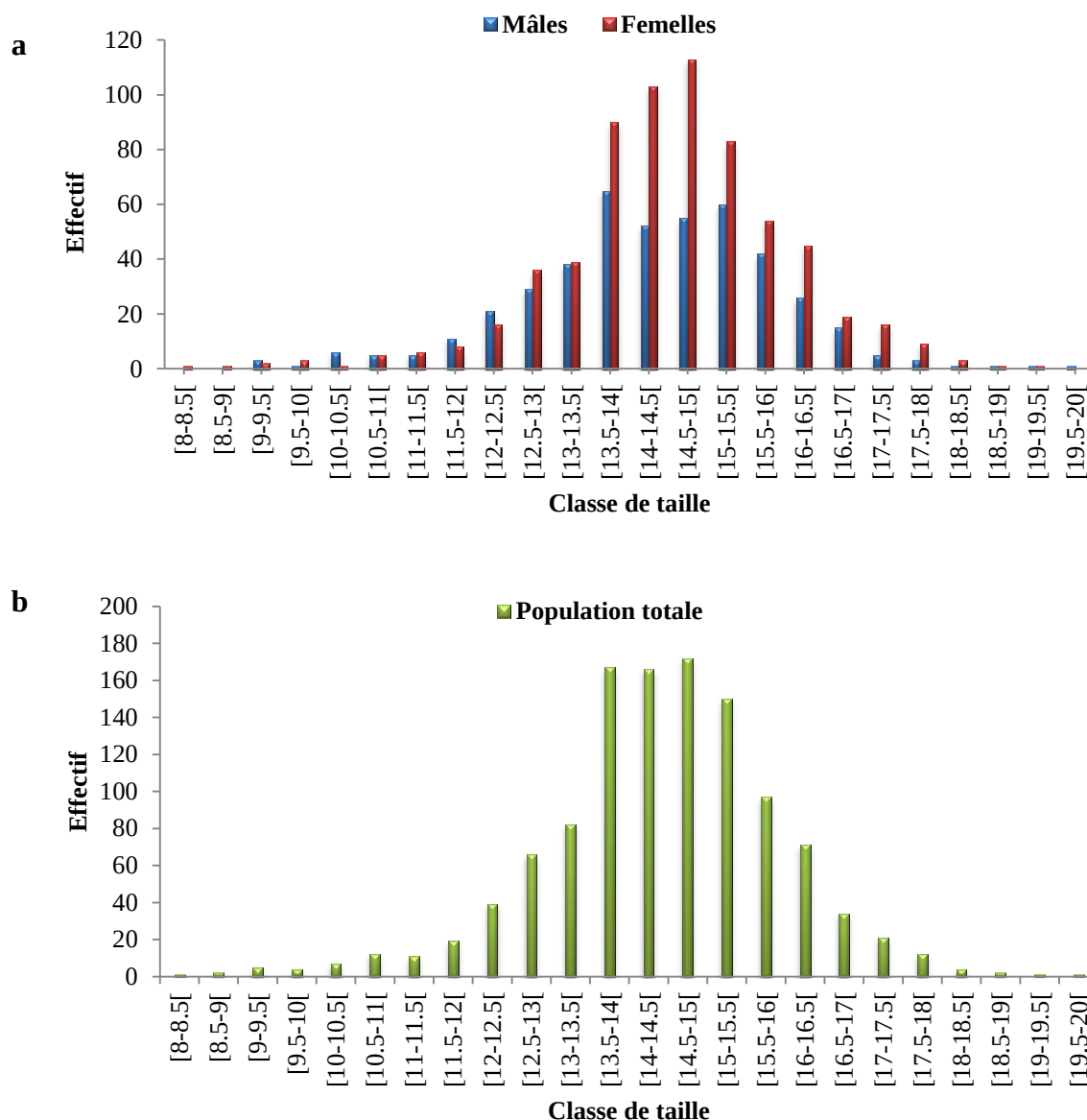


Figure 46: Distribution des fréquences de taille chez les mâles, les femelles (a) et la population totale (b) de *S. pilchardus* pêchés dans les eaux du littoral Est algérien.

L'application de la méthode de Bhattacharya (1967) par le FISAT II 1.2.0 (2005) avec un pas de 0.5 cm (fig. 47 et tab. 15), nous a permis d'obtenir les distributions de fréquences de taille et de décomposer les 2 échantillons mâle et femelle, respectivement en 4 et 5 composantes ou cohortes regroupées autour des longueurs de 10.45; 13.07; 15.09 et 19.40 cm pour les mâles (fig. 47a et tab. 15) et 9.50; 13.05; 14.59; 16.87 et 19.50 cm pour les femelles (fig. 47 b et tab. 15).

Les sardines de la population totale (fig. 47c et tab. 15), âgées de 3 et 4 ans sont les plus représentées dans les prises, avec respectivement 47.03 et 20.85 %. Le minimum de capture est observé chez les poissons de 5 ans avec 0.35 %. L'indice de séparation (S.I.) est supérieur à > 2 , ce qui confirme la fiabilité des résultats (Gayanilo *et al*, 2005) (annexe 5).

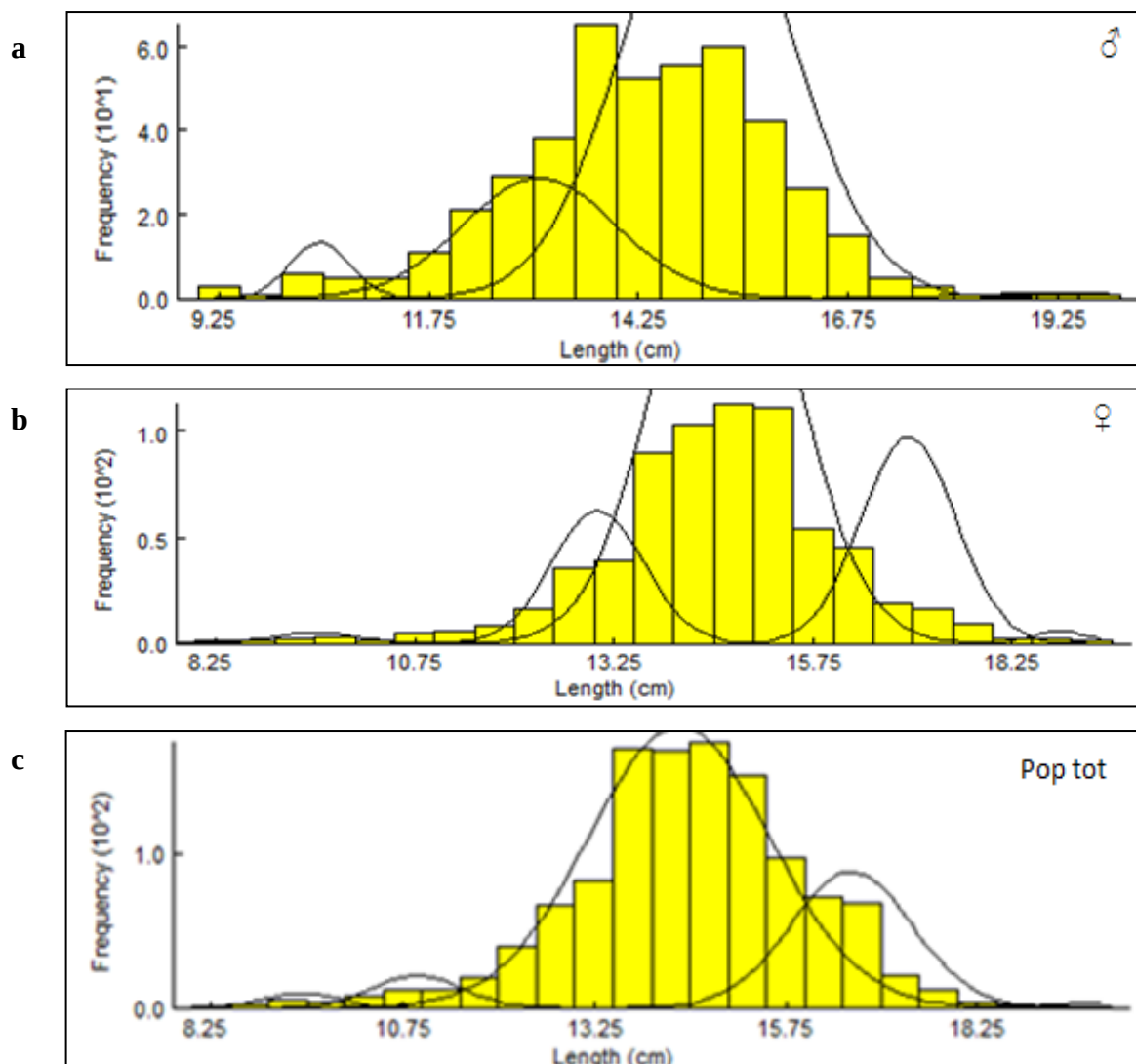


Figure 47: Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de *S. pilchardus* en groupes d'âge par la méthode de Bhattacharya (FISAT II, 2005).

Tableau 15: Représentation des clés âge-longueurs de *S. pilchardus* obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II, 2005) (voir détails en annexe 5).

Sexe Age	Mâles			Femelles			Population totale		
	M	N	S.I.	M	N	S.I.	M	N	S.I.
1	10.45	12	n.a.	9.50	7	n.a.	9.50	12	n.a.
2	13.07	66	4.09	13.05	91	6.40	10.99	30	2.37
3	15.09	255	2.12	14.59	389	2.11	14.38	539	3.97
4	19.40	4	4.01	16.87	146	2.89	16.60	239	2.12
5				19.50	2	4.05	19.62	4	4.95

M: moyenne du groupe d'âge, N: effectif du groupe d'âge, S.I.: indice de séparation qui doit être > 2 et n.a: non affiché.

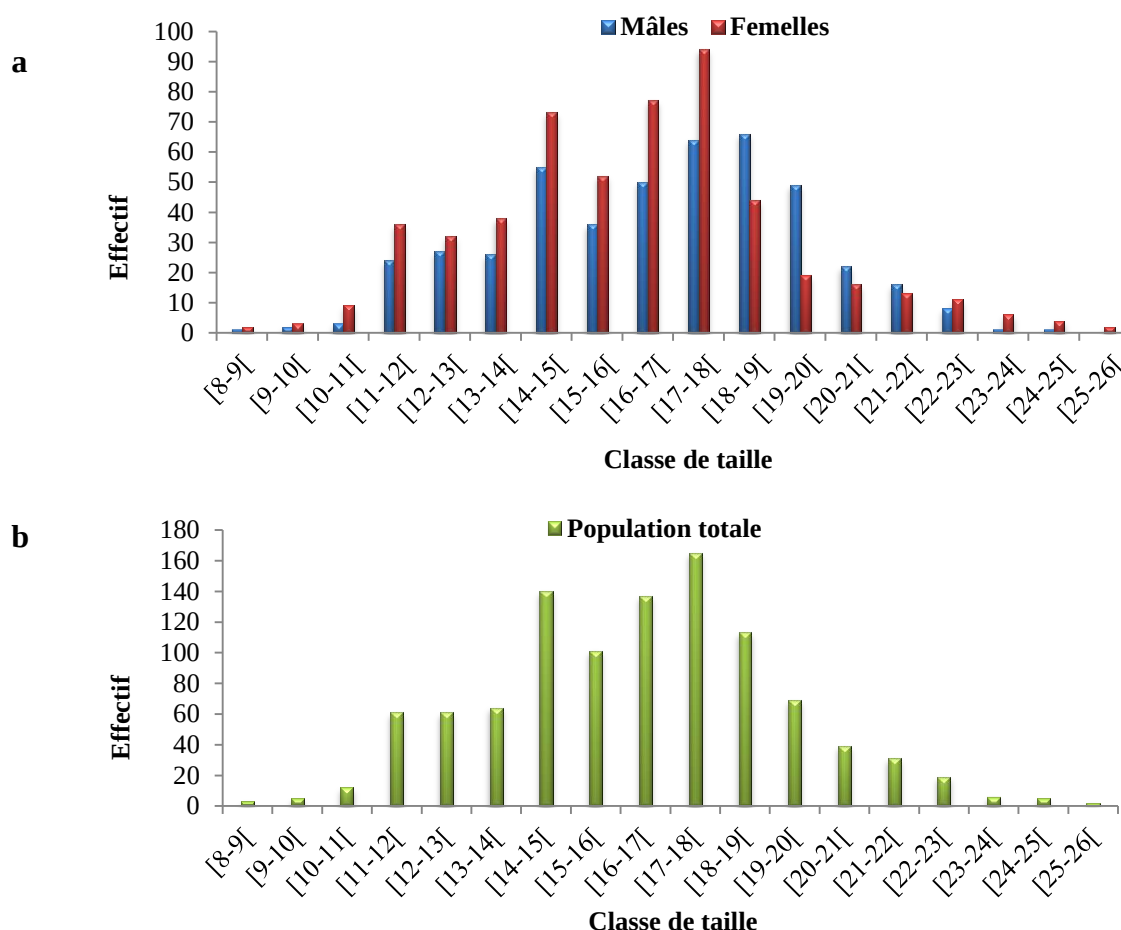
3.2.1.3. Détermination de l'âge par la méthode indirecte de Bhattacharya (1967) de *Sardinella aurita*.

La distribution des fréquences de taille des 1033 individus retenus est composée de 451 mâles, 531 femelles et 51 indéterminés, elle s'échelonne entre 8 et 25.5 cm (tab. 16).

Tableau 16: Représentation synthétique de la composition des tailles de l'effectif total de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

	Mâles	Femelles	Population totale.
Effectif	451	531	1033
Taille maximale Lt (cm)	24.4	25.5	25.5
Taille minimale Lt (cm)	8.3	8	8
Taille moyenne Lt (cm)	16.61	16.14	16.06

La taille moyenne chez les femelles est de 16.14 cm elle est $\pm <$ à celle de la population mâle qui est de 16.61 cm (fig. 48 a). Le mode le plus important se situe entre 14 et 19 cm et les modes de moins de 10 cm et au-delà de 23 cm sont négligeables (fig. 48 b).



Le traitement de la distribution annuelle des fréquences de taille chez *S. aurita* par le logiciel FISAT II selon la méthode de Bhattacharya (1967) avec un pas de 1 cm, nous fournit la Clé âge-longueur qui nous a permis de représenter la structure démographique du stock (fig. 49 et tab. 17).

Les échantillons mâle et femelle comportent respectivement, 4 et 5 composantes ou cohortes. Leurs tailles moyennes sont de l'ordre de: 11.41; 14.66; 18.07 et 22.08 pour les mâles (fig. 49 a) et 11.92; 14.71; 17.31; 21.38 et 25.06 pour les femelles (fig. 49 b et tab. 17).

La population totale de sardinelles (fig. 49 c et tab. 17), âgées de 2 et 3 ans sont les plus représentées dans les prises, avec respectivement 29.52 et 40.17 %. Le minimum de capture est observé chez les spécimens de 5 ans avec 1.26 %. L'indice de séparation (S.I.) est supérieur à 2, ce qui confirme la fiabilité des résultats (Gayanilo *et al*, 2005) (annexe 6).

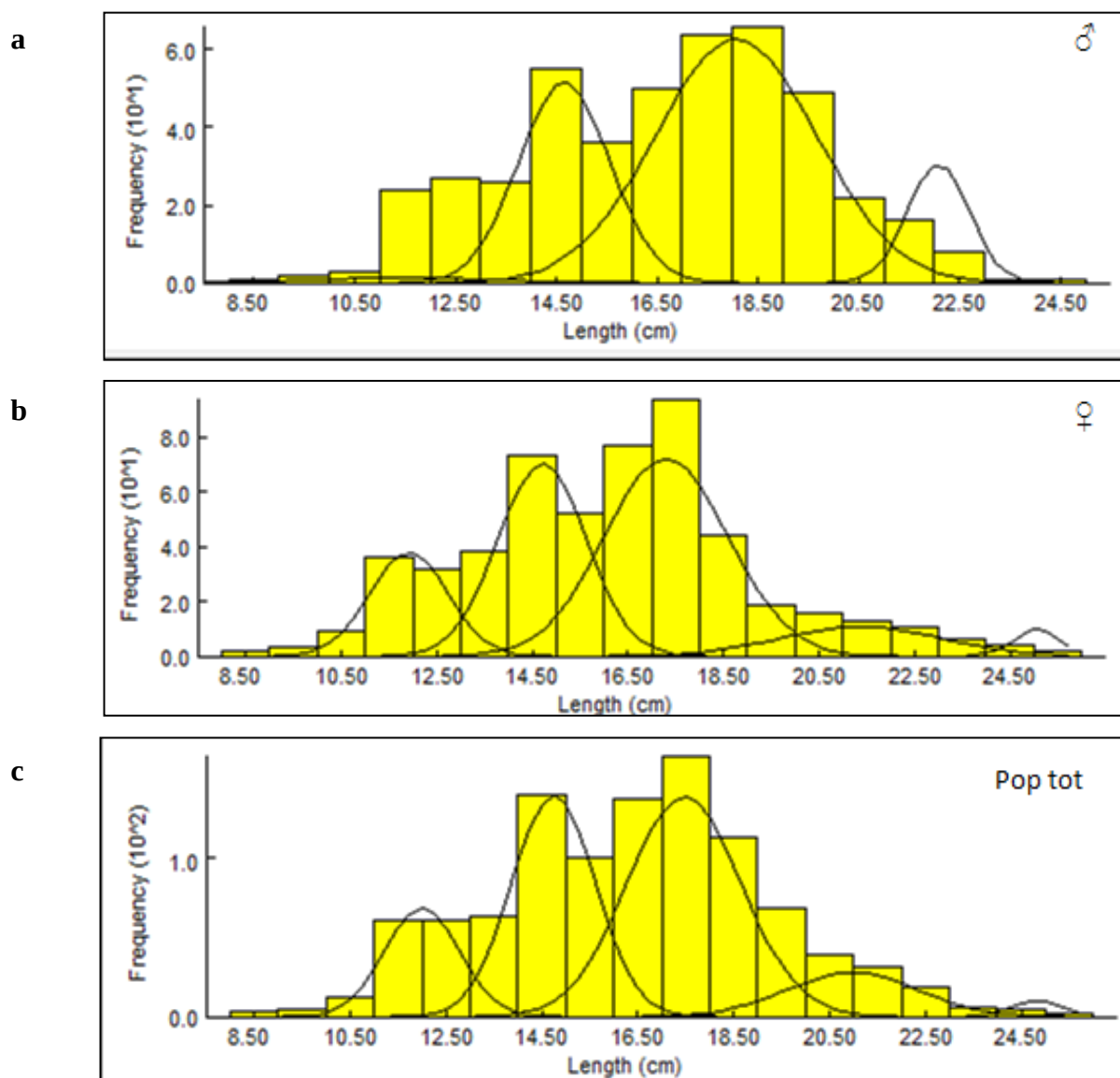


Figure 49: Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de *S. aurita* en groupes d'âge par la méthode de Bhattacharya (FISAT II, 2005).

Tableau 17: Représentation des clés âge-longueurs de *S. aurita* obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II, 2005) (voir détails en annexe 6).

Sexe Age	Mâles			Femelles			Population totale		
	M	N	S.I.	M	N	S.I.	M	N	S.I.
1	11.41	6	n.a.	11.92	77	n.a.	12.00	134	n.a.
2	14.66	117	2.36	14.71	163	3.19	14.75	305	3.33
3	18.07	251	2.73	17.31	234	2.34	17.47	415	2.64
4	22.08	47	3.61	21.38	46	2.72	20.96	95	2.74
5				25.06	12	3.36	24.83	13	4.14

M: moyenne du groupe d'âge, N: effectif du groupe d'âge, S.I.: indice de séparation qui doit être > 2 et n.a: non affiché

3.2.2. Estimations de la croissance par modélisation en longueur et en poids.

3.2.2.1. Modélisation de la croissance linéaire à partir des âges obtenus par otolithométrie chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

La modélisation de la croissance à partir de la clé âge-longueur, obtenue par la lecture directe des otolithes de *S. pilchardus* et *S. aurita*, a permis de déterminer grâce au logiciel **STATISTICA** (Panfili *et al.*, 2002), les 3 principaux paramètres de croissances: L_{∞} (cm), K (an^{-1}) et t_0 (an) chez les mâles, les femelles et chez la population totale (tab.18).

Chez la population totale de *S. pilchardus* la longueur asymptotique L_{∞} est de 21.38 cm, le coefficient de vitesse de croissance $K = 0.29 \text{ an}^{-1}$ et l'âge théorique pour lequel la taille est nulle t_0 est de -2.7 an alors que chez *S. aurita* L_{∞} est de 29.02 cm, $K = 0.31 \text{ an}^{-1}$ et $t_0 = -2.5$ an.

Tableau 18: Représentation des paramètres de la croissance linéaire de *S. pilchardus* et de *S. aurita* du littoral Est Algérien obtenus par le logiciel STATISTICA (Panfili *et al.*, 2002).

Sexes	L_{∞} (cm)		K (an^{-1})		t_0 (an)	
	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>
Mâles	21.05	27.30	0.25	0.18	-2.40	-1.90
Femelles	21.04	32.26	0.22	0.13	-2.42	-1.99
Pop. totale	21.38	29.02	0.29	0.31	-2.70	-2.50

L_{∞} : longueur asymptotique (cm) atteinte par la sardine à un âge théorique infini, k : coefficient de vitesse de croissance, il caractérise la rapidité avec laquelle le poisson croît vers la longueur asymptotique et t_0 : âge théorique pour lequel la taille est nulle (cm).

3.2.2.2. Modélisation de la croissance linéaire à partir des âges obtenus par la méthode indirecte chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

Les paramètres de croissance obtenus à partir de la clé âge-longueur des stocks de *S. pilchardus* et *S. aurita*, par méthode indirecte de **Bhattacharya (1967) FISAT II 1.2.0** (Gayanilo *et al.*, 2005) sont calculés grâce au logiciel **New VONBIT** (Stamatopoulos, 2005) (voir détails en annexes 7 et 8).

- Chez *S. pilchardus*:

Les tailles asymptotiques L_{∞} atteignent 20.03 cm chez les mâles, 19.79 cm chez les femelles et 21.58 cm chez la population totale. Toutes ces valeurs sont > aux tailles maximales qui sont respectivement de 19.5, 19.1 et 19.5 cm (tab. 19). La valeur de la longueur asymptotique L_{∞} des mâles est légèrement > à celle des femelles soit une différence de 0.24 cm (tab. 19 et fig. 50).

Tableau 19: Représentation des paramètres de l'équation de la courbe de von Bertalanffy (1938) chez *S. pilchardus* obtenus par New VONBIT (Stamatopoulos, 2005) (voir détail en annexe 7).

Sexes	Paramètres			Equations	$L_{t_{max}}$ (cm)
	L_{∞} (cm)	K an ⁻¹	t_0 (an)	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$	
Mâles	20.03	0.58	-0.035	$L_t = 20.03 [1 - e^{-0.58(t - (-0.035))}]$	19.5
Femelles	19.79	0.53	-0.039	$L_t = 19.79 [1 - e^{-0.53(t - (-0.039))}]$	19.1
Pop. totale	21.58	0.39	-0.086	$L_t = 21.58 [1 - e^{-0.39(t - (-0.086))}]$	19.5

L_{∞} : longueur asymptotique, K : coefficient de vitesse de croissance, t_0 : âge théorique et $L_{t_{max}}$: taille totale maximale échantillonnée.

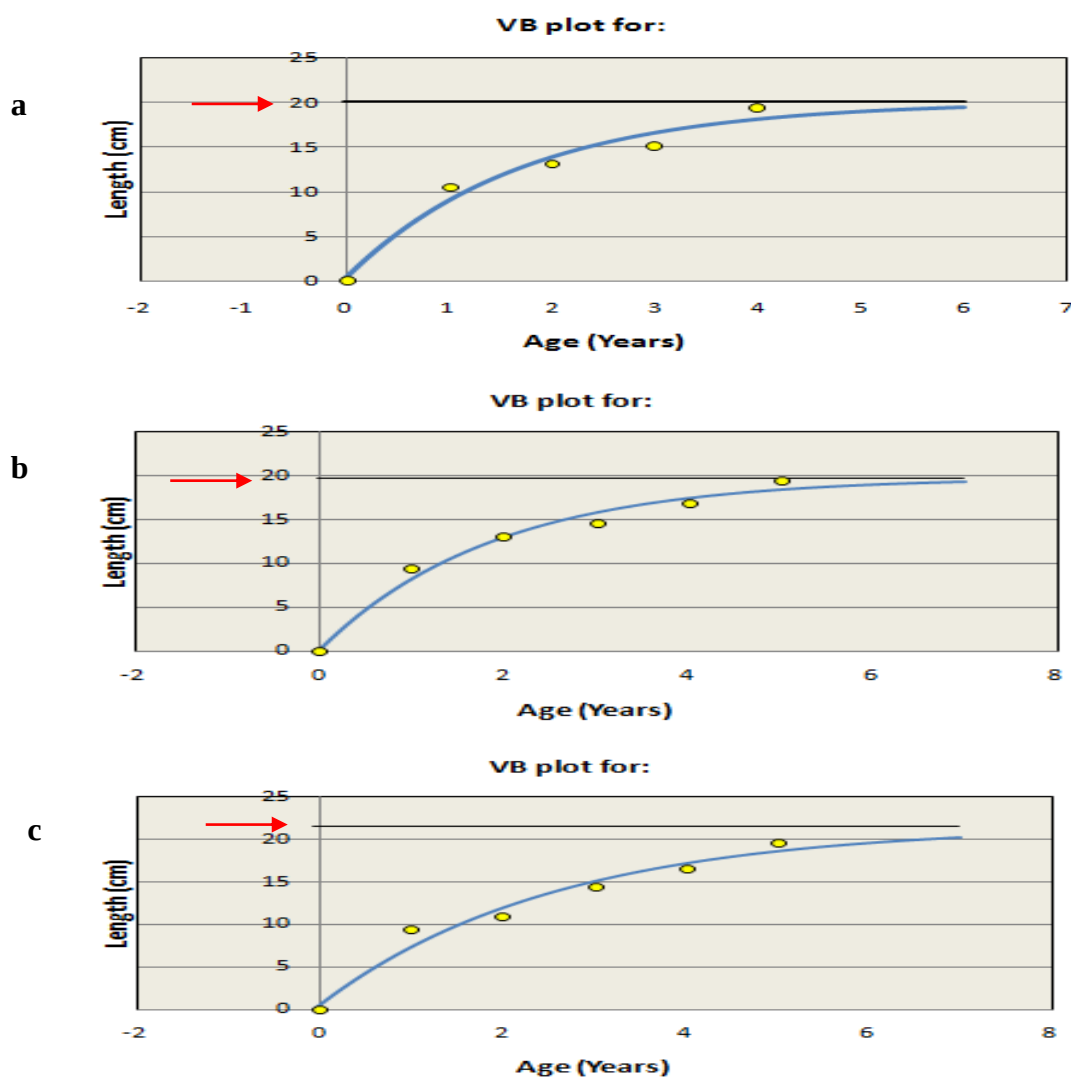


Figure 50: Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien (New VONBIT Stamatopoulos, 2005). →: L_{∞} , longueur asymptotique (cm) (longueur qui serait atteinte par la sardine à l'âge théorique infini).

- Chez *S. aurita*:

Les tailles asymptotiques L_{∞} des sardinelles sont de 24.63 cm chez les mâles, de 27.73 cm chez les femelles et atteignent 26.68 cm chez la population totale en restant dans tous les cas > aux tailles maximales. L_{∞} des femelles est > à celle des mâles avec une différence de 3.1 cm (tab.20 et fig. 51).

Tableau 20: Représentation des paramètres de l'équation de la courbe de von Bertalanffy (1938) chez *S. aurita* obtenus par New VONBIT (Stamatopoulos, 2005) (voir détail en annexe 8).

Sexes	Paramètres			Equations	$L_{t_{max}}$ (cm)
	L_{∞} (cm)	K an ⁻¹	t_0 (an)	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$	
Mâles	24.63	0.52	-0.032	$L_t = 24.63 [1 - e^{-0.52(t - (-0.032))}]$	24.4
Femelles	27.73	0.38	-0.093	$L_t = 27.73 [1 - e^{-0.38(t - (-0.093))}]$	25.5
Pop. totale	26.68	0.41	-0.085	$L_t = 26.68 [1 - e^{-0.41(t - (-0.085))}]$	25.5

L_{∞} : longueur asymptotique, K : coefficient de vitesse de croissance, t_0 : âge théorique et $L_{t_{max}}$: taille totale maximale échantillonnée.

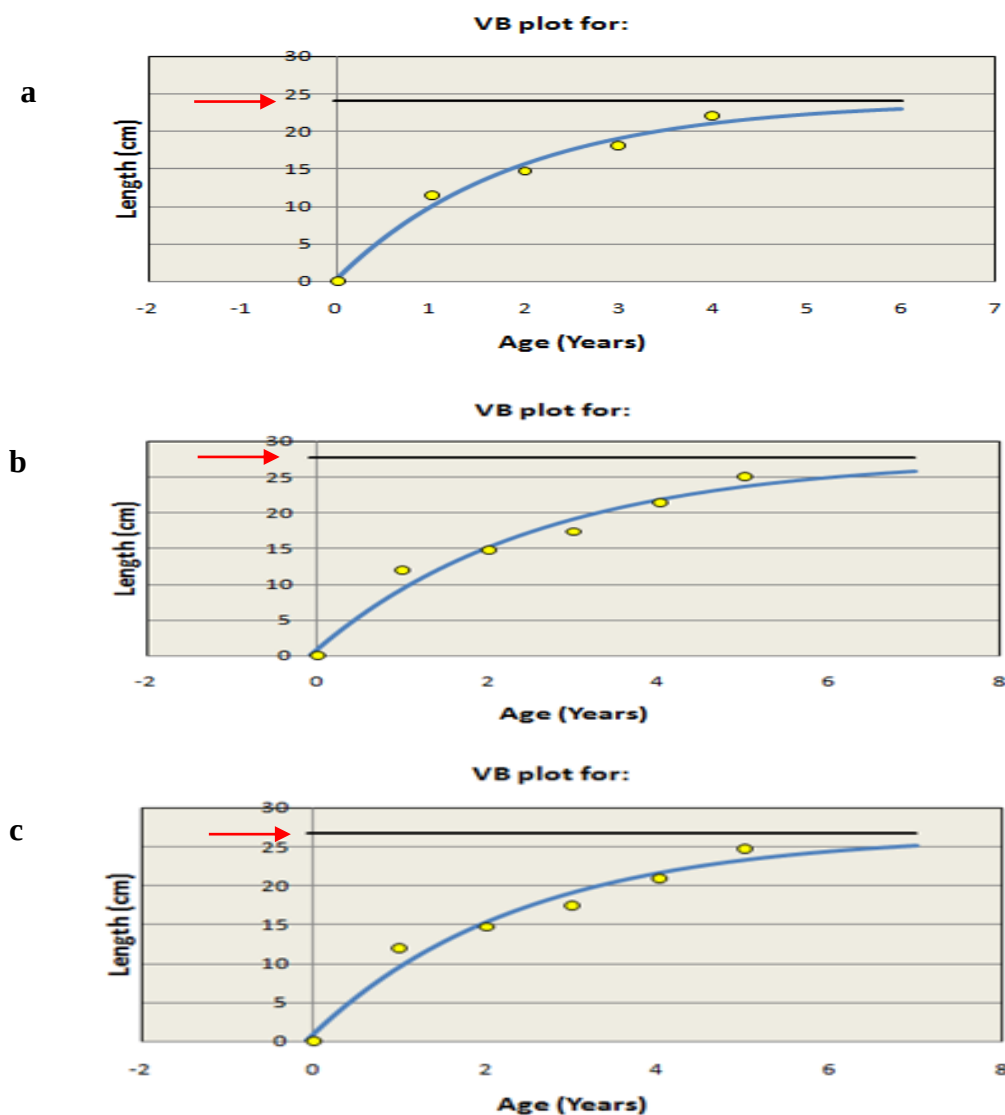


Figure 51: Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) chez *S. aurita* pêchés dans les eaux du littoral Est algérien (New VONBIT Stamatopoulos, 2005).
 —→ : L_{∞} , longueur asymptotique (cm) (longueur qui serait atteinte par la sardine à l'âge théorique infini).

Nos résultats montrent l'existence d'une croissance différentielle. En effet, chez la **sardine** cette croissance favorise les mâles qui atteignent 20.03 cm alors que chez la **sardinelle** elle favorise les femelles qui vont jusqu'à 27.73 cm. Ce constat est appuyé par les résultats obtenus par la lecture directe d'otolithes chez la *S. aurita* et *S. pilchardus* (tab. 21).

Tableau 21: Représentation des équations de von Bertalanffy (1938) obtenus par les méthodes directe et indirecte chez *S. pilchardus* et *S. aurita* pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.

Espèces	Méthodes	Otolithométrie	Battacharya (1967)
	Sexes	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$	
<i>S. pilchardus</i>	Mâles	$L_t = 21.05 [1 - e^{-0.25(t - (-2.40))}]$	$L_t = 20.03 [1 - e^{-0.58(t - (-0.035))}]$
	Femelles	$L_t = 21.04 [1 - e^{-0.22(t - (-2.42))}]$	$L_t = 19.79 [1 - e^{-0.53(t - (-0.039))}]$
	Pop. totale	$L_t = 21.38 [1 - e^{-0.29(t - (-2.70))}]$	$L_t = 21.58 [1 - e^{-0.39(t - (-0.086))}]$ *
<i>S. aurita</i>	Mâles	$L_t = 27.30 [1 - e^{-0.18(t - (-1.90))}]$	$L_t = 24.63 [1 - e^{-0.52(t - (-0.032))}]$
	Femelles	$L_t = 32.26 [1 - e^{-0.13(t - (-1.99))}]$	$L_t = 27.73 [1 - e^{-0.38(t - (-0.093))}]$
	Pop. totale	$L_t = 29.02 [1 - e^{-0.31(t - (-2.50))}]$	$L_t = 26.68 [1 - e^{-0.41(t - (-0.083))}]$ *

Lt: longueur moyenne du poisson à l'instant t (cm) et *: Equation retenue pour évaluer le stock.

3.2.2.3. Relation taille-poids chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

La relation taille-poids chez *S. pilchardus* et *S. aurita* a été déterminée chez les populations mâle, femelle et totale (tabs. 22 et 24; figs. 52 et 53). Le coefficient de corrélation **r** étant proche de 1, le poids est donc fortement corrélé à la taille chez les 2 espèces.

- Chez *S. pilchardus*:

Le test **t** basé sur la comparaison de 2 pentes, fournit des valeurs > 1.96 pour $\alpha = 5\%$. Ce résultat permet de dire que *S. pilchardus*, pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, se caractérise par une allométrie, entre le poids total (W_t) et la longueur totale (L_t), de type majorante, aussi bien pour les sexes séparés que confondus (tab. 22 et fig. 52). Ainsi, la sardine a une croissance pondérale supérieure à sa croissance en taille, le poisson grossit plus vite qu'il ne grandit.

Tableau 22: Relation d'allométrie entre le poids total (W_t) et la longueur totale (L_t) chez *S. pilchardus*.

Espèce	Sexe	a	b	Relation d'allométrie	R ²	r	Type d'allométrie t cal. ($\alpha = 5\%$)
<i>S. pilchardus</i>	Mâles	0.0042	3.209	$W_t = 0.0420 L_t^{3.209}$	0.895	0.946	(+) 3.440
	Femelles	0.0033	3.299	$W_t = 0.0033 L_t^{3.299}$	0.904	0.951	(+) 5.276
	Pop. totale	0.0039	3.236	$W_t = 0.0039 L_t^{3.236}$	0.906	0.952	(+) 6.532

b: coefficient d'allométrie, a: constante, R²: coefficient de détermination, r: coefficient de corrélation, (+) allométrie majorante et | t | cal: test de comparaison de 2 pentes.

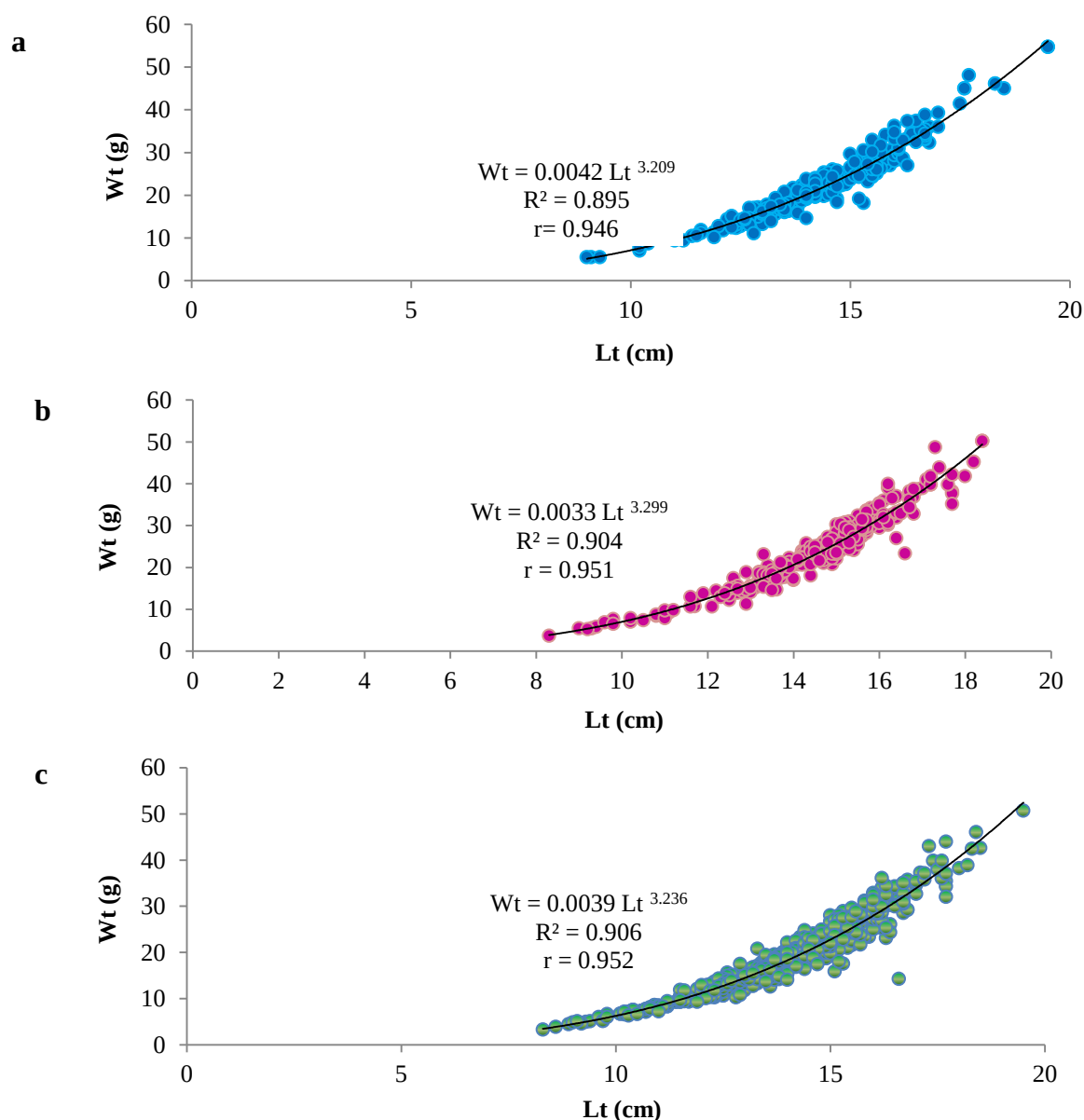


Figure 52: Relation taille-poids chez les mâles (a), les femelle (b) et la population totale (c) de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien qui grossit plus vite qu'elle ne grandit. Lt: longueur totale, Wt: poids total, R^2 : coefficient de détermination et r : coefficient de corrélation.

-Chez *S aurita*:

La comparaison des 2 pentes par le test **t** donne des valeurs > 1.96 pour $\alpha = 5\%$. Ce résultat permet de dire que *S. aurita*, pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, se caractérise par une allométrie de type majorante, entre le poids total (Wt) et la longueur totale (Lt), pour les mâles, les femelles et la population totale (tab. 23 et fig. 53). La sardinelle a une croissance pondérale supérieure à sa croissance en taille.

Tableau 23: Relation d'allométrie entre le poids total (Wt) et la longueur totale (Lt) chez *S. aurita*.

Espèce	Sexe	a	b	Relation d'allométrie	R ²	r	Type d'allométrie t cal. (α = 5 %)
<i>S. aurita</i>	Mâles	0.0045	3.171	$Wt = 0.0045 Lt^{3.171}$	0.879	0.937	(+) 2.371
	Femelles	0.0050	3.133	$Wt = 0.005 Lt^{3.133}$	0.864	0.930	(+) 2.040
	Pop totale	0.0050	3.134	$Wt = 0.005 Lt^{3.134}$	0.879	0.937	(+) 3.248

b: coefficient d'allométrie, a: constante, R²: coefficient de détermination, r: coefficient de corrélation, (+) allométrie majorante et | t | cal: test de comparaison de 2 pentes.

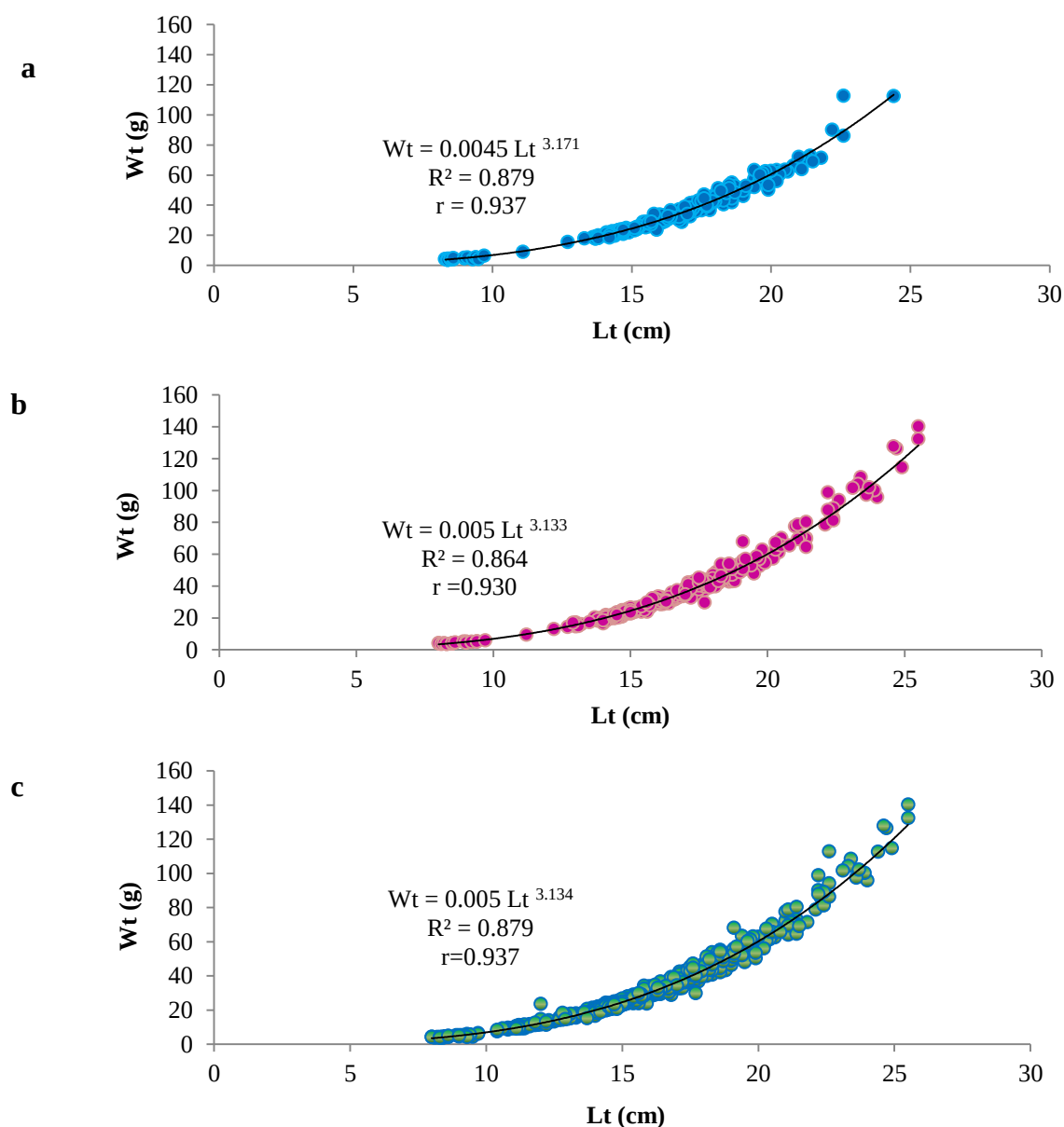


Figure 53: Relation taille-poids chez les mâles (a), les femelle (b) et la population totale (c) de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien qui grossit plus vite qu'elle ne grandit. Lt: longueur totale, Wt: poids total, R²: coefficient de détermination et r: coefficient de corrélation.

3.2.2.4. Croissance pondérale chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

A partir de l'équation de croissance de von Bertalanffy $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$ et de la relation d'allométrie de type: $W_{\infty} = a (L_{\infty})^b$, nous obtenons l'expression de croissance pondérale suivante: $W_t = W_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b$. Les équations obtenues de la combinaison des 3 paramètres de croissance: L_{∞} , K et t_0 et le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids à partir des méthodes directe et indirecte aussi bien chez *S. pilchardus* que chez *S. aurita* sont représentés dans les tableaux 24 et 25.

- Chez *S. pilchardus*:

Le poids asymptotique W_{∞} chez les mâles, les femelles et la population totale, obtenu à partir des méthodes directe et indirecte pour *S. pilchardus* est $>$ au poids total maximal échantillonné (tab. 24).

Tableau 24: Equations des croissances pondérales de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

Espèces	Méthodes Sexes	Directe	Indirecte	Wt _{max} (g)
		W _t = W _∞ [1 - e ^{-k (t - t₀)}] ^b		
S. pilchardus	Mâles	Wt = 74.24 [1 - e ^{-0.25 (t - (-2.40))}] ^{3.209}	Wt = 63.39 [1 - e ^{-0.58 (t - (-0.035))}] ^{3.209}	54.73
	Femelles	Wt = 78.95 [1 - e ^{-0.22 (t - (-2.42))}] ^{3.299}	Wt = 64.42 [1 - e ^{-0.53 (t - (-0.039))}] ^{3.299}	50.22
	Pop. totale	Wt = 79.99 [1 - e ^{-0.29 (t - (-2.70))}] ^{3.236}	Wt = 82.44 [1 - e ^{-0.39 (t - (-0.086))}] ^{3.236}	54.73

W_t : poids total du poisson à l'âge t , W_{∞} : Poids asymptotiques, $W_{t_{max}}$: Poids total maximal échantillonné, K : coefficient de vitesse de croissance et t_0 : âge théorique.

La représentation graphique de la croissance pondérale, obtenue à partir des méthodes directe ou indirecte montre des différences de croissance entre les mâles et les femelles à partir de la première année de vie avec des gains en poids plus marqués chez les mâles. L'écart de poids à 1 an est de 1.15 g, cette différence entre les 2 sexes est faible en début de vie du poisson puis augmente avec l'âge pour atteindre 3,71 g à 3 ans, ensuite elle diminue progressivement pour arriver au poids final W_{∞} ou poids asymptotique (fig. 54).

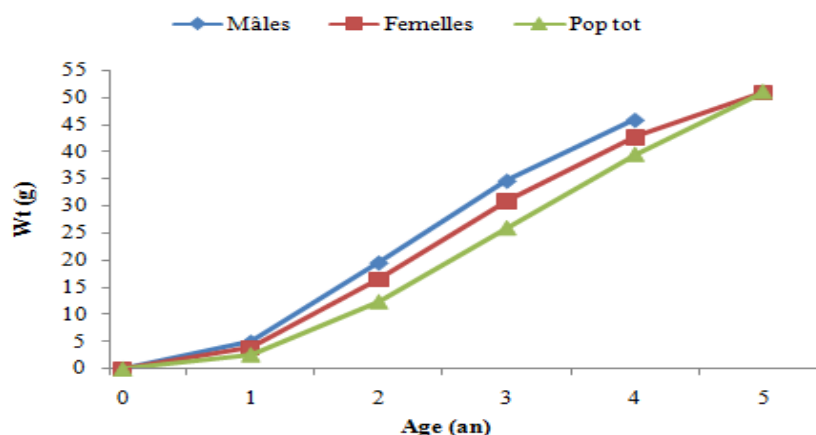


Figure 54: Courbes théoriques de croissance pondérale chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, obtenues à partir de la méthode indirecte (voir détails en annexe 10).

-Chez *S. aurita*:

Le poids asymptotique W_{∞} chez les mâles, les femelles et la population totale, obtenu à partir des méthodes directe et indirecte pour *S. aurita* est $>$ au poids total maximal échantillonné (tab. 25).

Tableau 25: Equations des croissances pondérales de *S. aurita* pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.

Espèce	Méthodes Sexes	Directe	Indirecte	Wt _{max} (g)
		W _t = W _∞ [1 - e ^{-k (t - t₀)}] ^b		
S. aurita	Mâles	Wt = 163.32 [1 - e ^{-0.18 (t - (-1.90))}] ^{3.171}	Wt = 117.84[1 - e ^{-0.52 (t - (-0.032))}] ^{3.171}	112.76
	Femelles	Wt = 270.02 [1 - e ^{-0.13 (t - (-1.99))}] ^{3.133}	Wt = 168.05[1 - e ^{-0.38 (t - (-0.093))}] ^{3.133}	140.27
	Pop. totale	Wt = 193.90 [1 - e ^{-0.31 (t - (-2.50))}] ^{3.134}	Wt = 149.30[1 - e ^{-0.41 (t - (-0.083))}] ^{3.134}	140.27

W_t : poids total du poisson à l'âge t , W_{∞} : Poids asymptotiques, $W_{t_{max}}$: Poids total maximal échantillonné, K : coefficient de vitesse de croissance et t_0 : âge théorique.

Chez *S. aurita*, les courbes théoriques de croissance pondérale montrent que le poids des mâles est plus élevé que celui des femelles. L'écart de poids entre mâles et femelles d'un an atteint 1.44 g, il augmente avec l'âge pour atteindre 4.8 g à 2 ans. Cette différence de poids au profit des mâles décroît avec l'âge et à 4 ans, la prise de poids devient presque identique pour les 2 sexes (fig. 55).

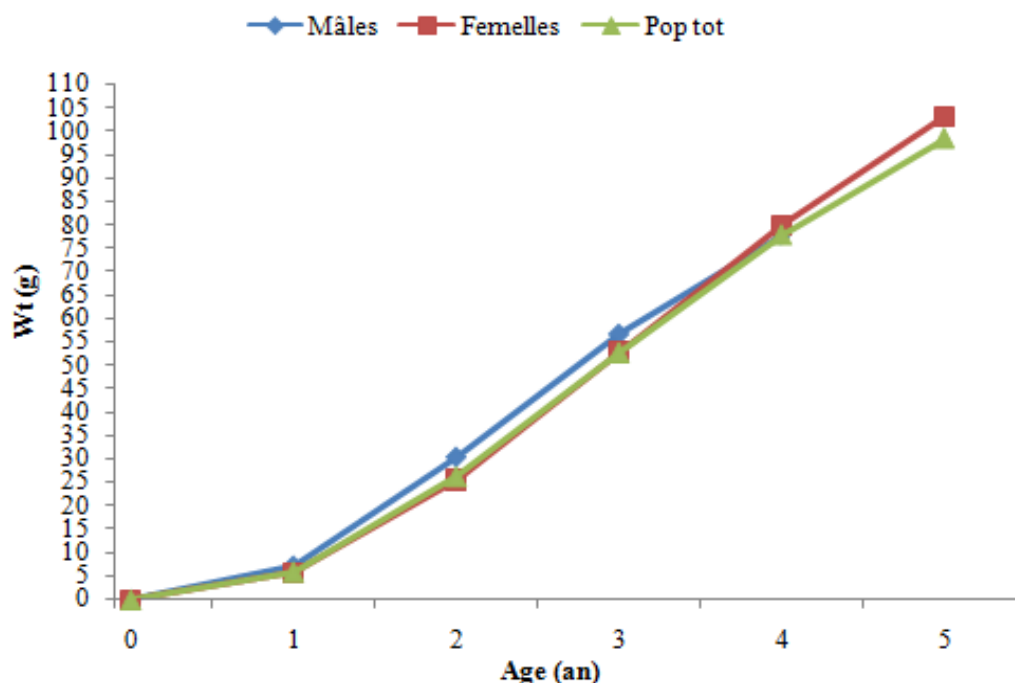


Figure 55: Courbes théoriques de croissance pondérale chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, obtenues à partir de la méthode indirecte (voir détails en annexe 11).

3.3. Reproduction.

3.3.1. Répartition des sexes chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

- Chez *S. pilchardus*:

Sur un ensemble de 1146 spécimens de *S. pilchardus*, nous avons identifié 446 mâles, 655 femelles et 45 de sexe non déterminé que nous avons écartés de l'analyse.

Le sex-ratio global (SRG), calculé à partir de 1101 poissons, est de 1.46, il est en faveur des femelles avec un taux de $T_F = 59.49\%$; les mâles conservent les 40.51 % restant (tab. 26). Le test de comparaison des 2 pourcentages basé sur le calcul de l'écart réduit ($|\xi|_{\text{cal.}}$), confirme nos résultats et montre une différence significative entre mâles et femelles $|\xi|_{\text{cal.}} = 5.08$ avec $\alpha = 5\%$ dans le stock exploitable de *S. pilchardus* du littoral Est algérien.

Tableau 26: Distribution du taux de masculinité (T_M) et du taux de féminité (T_F) par rapport aux classes de taille chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

Classe de taille (1 cm)	Effectif Mâle	Effectif Femelle	Effectif total	T_M	T_F
[8-9[	0	2	2	0	100
[9-10[	3	5	8	37.500	62.500
[10-11[	11	5	16	68.750	31.250
[11-12[	16	14	30	53.333	46.666
[12-13[	50	52	102	49.019	50.980
[13-14[	103	129	232	44.396	55.603
[14-15[	109	213	322	33.850	66.149
[15-16[	102	141	243	41.975	58.024
[16-17[	41	64	105	39.047	60.952
[17-18[	8	25	33	24.242	75.757
[18-19[	2	4	6	33.333	66.666
[19-20[	1	1	2	50	50
12	446	655	1101	40.508	59.491
$\xi _{\text{cal.}}(\alpha = 5\%) \text{ total} = 5.082$					
Sex-ratio global = 1.468					

Le calcul des taux des mâles et des femelles par classe de taille, nous a permis d'établir 2 courbes d'abondance de taille (fig. 56), à l'exception des classes de taille comprises entre 10 et 12 cm, les femelles prédominent.

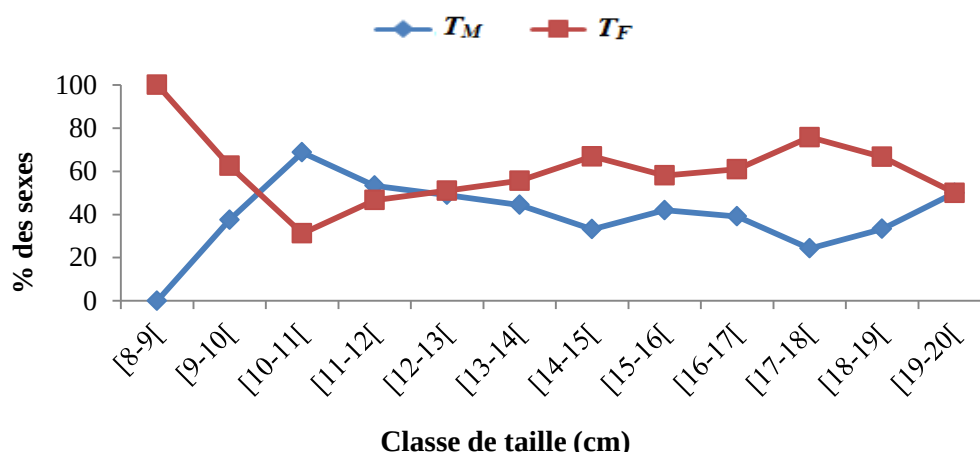


Figure 56: Courbes d'abondance des mâles et des femelles en fonction de la taille chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien. T_M : taux de masculinité et T_F : taux de féminité.

Pour mieux comprendre la composition par sexe de la population étudiée, nous avons complété les résultats globaux du sex-ratio par un suivi des variations en fonction des saisons (tab. 27 et fig. 57). En hiver, période de ponte des sardines, le sexe ratio est en faveur des femelles, il est de l'ordre de 60.55%; au printemps et en été, il atteint respectivement 63.37 et 64.70% pour s'inverser progressivement en faveur des mâles en atteignant 59.73 % en automne. Tout le long de l'année d'étude, l'écart réduit calculé est > 1.96 pour $\alpha = 5\%$ confirmant l'existence d'une différence significative entre l'effectif des femelles et celui des mâles (tab. 27).

Tableau 27: Distribution du taux de masculinité (T_M) et du taux de féminité (T_F) en fonction des saisons chez *S. pilchardus* du littoral Est algérien.

Saison	Mâle		Femelle		$ \xi _{cal}$ ($\alpha = 5\%$)
	Effectif	T_M	Effectif	T_F	
Hiver	142	39.444	218	60.555	2.958
Printemps	167	36.622	289	63.377	8.502
Été	48	35.294	88	64.705	14.523
Automne	89	59.731	60	40.268	12.718

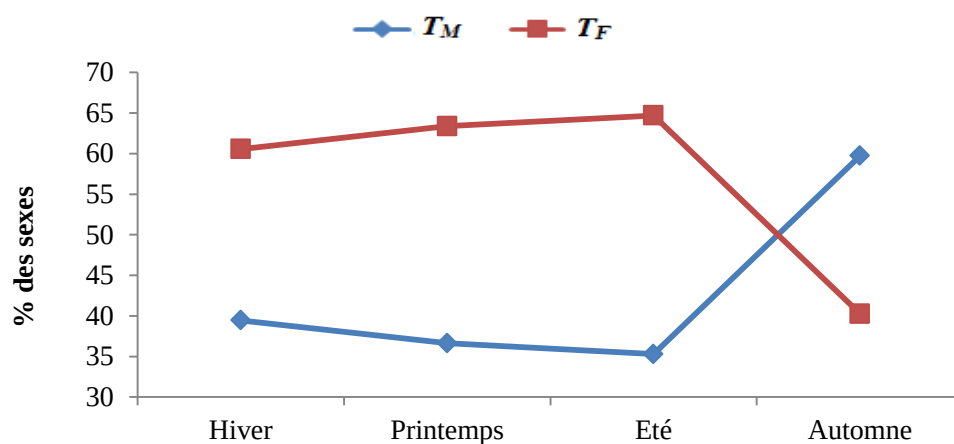


Figure 57: Evolution du sex-ratio en fonction des saisons chez *S. pilchardus* du littoral Est algérien.

-Chez *S. aurita*:

L'échantillon retenu est composé de 1033 individus, structuré en 451 mâles, 531 femelles et 51 de sexe indéterminé que nous avons écartés de l'étude. Sur les 982 sardinelles la féminité de la population est > à la masculinité avec respectivement 54.07 et 45.92 % et un sex-ratio global de 1.11 en faveur des femelles (tab. 28).

Le test de comparaison des 2 pourcentages, basé sur le calcul de l'écart réduit et établi à partir du stock exploitable de *S. aurita* du littoral Est algérien, montre que le nombre de femelles diffère significativement de celui des mâles avec $|\xi|_{\text{cal.}} = 2.687$ à $\alpha = 5\%$.

Tableau 28: Distribution des taux de masculinité (T_M) et de féminité (T_F) par rapport aux classes de taille chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

Classe de taille (1cm)	Effectif Mâle	Effectif Femelle	Effectif total	T_M	T_F
[8-9[	1	2	3	33.333	66.666
[9-10[	2	3	5	40	60
[10-11[	3	9	12	25	75
[11-12[	24	36	60	40	60
[12-13[	27	32	59	45.762	54.237
[13-14[	26	38	64	40.625	59.375
[14-15[	55	73	128	42.968	57.031
[15-16[	36	52	88	40.909	59.090
[16-17[	50	77	127	39.370	60.629
[17-18[	64	94	158	40.506	59.493
[18-19[	66	44	110	60	40
[19-20[	49	19	68	72.058	27.941
[20-21[	22	16	38	57.894	42.105
[21-22[	16	13	29	55.172	44.827
[22-23[	8	11	19	42.105	57.894
[23-24[	1	6	7	14.285	85.714
[24-25[	1	4	5	20	80
[25-26[	0	2	2	0	100
18	451	531	982	45.926	54.073
$\xi _{\text{cal.}}(\alpha = 5\%) \text{ total} = 2.687$					
Sex-ratio global = 1.117					

Les courbes d'abondance de taille, obtenues à partir des effectifs et des taux des mâles et femelles par classe de taille, montrent qu'à l'exception de 4 classes situées entre 18 et 22 cm, les femelles prédominent (fig. 58).

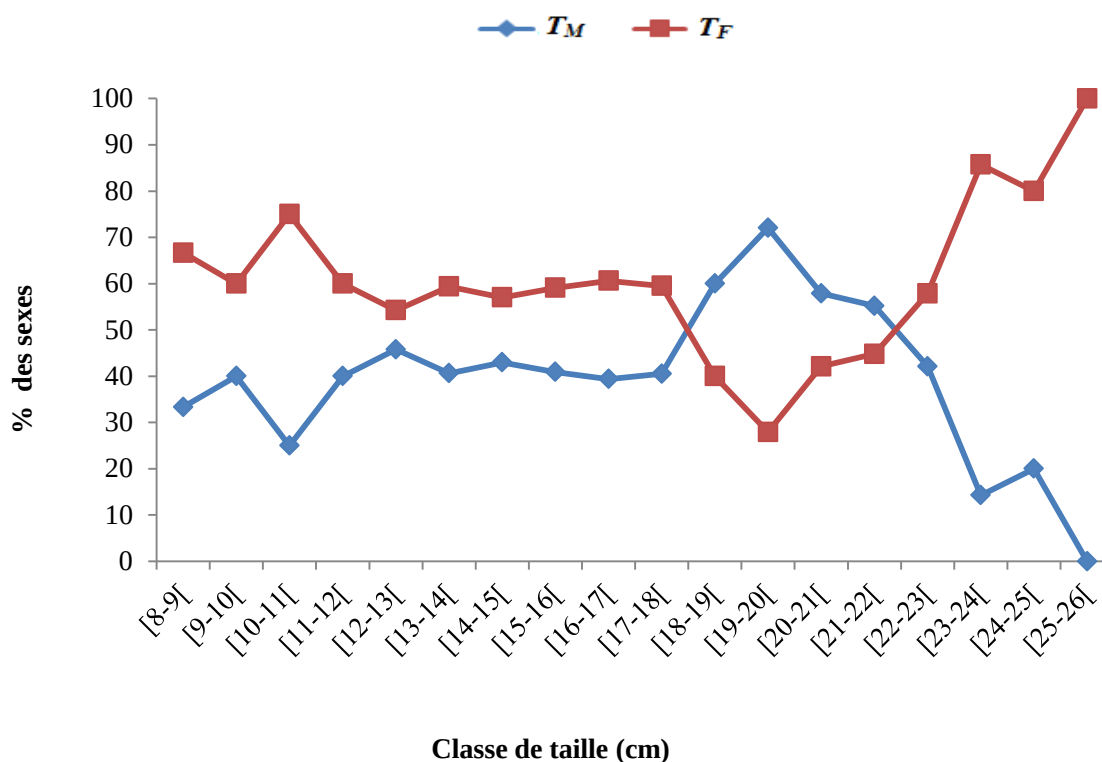


Figure 58: Courbes d'abondance des mâles et des femelles en fonction de la taille chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien. T_M : taux de masculinité et T_F : taux de féminité.

Pendant les 4 saisons la proportion des femelles est $>$ à celle des mâles et l'écart réduit est > 1.96 pour $\alpha = 5\%$, ce qui confirme la présence d'une différence significative entre le nombre de femelles et celui des mâles (tab. 29 et fig. 59).

Tableau 29: Distribution du taux de masculinité (T_M) et du taux de féminité (T_F) en fonction des saisons chez *S. aurita* du littoral Est algérien.

Saisons	Mâles		Femelles		ξcal ($\alpha = 5\%$)
	Effectif	T_M	Effectif	T_F	
Hiver	183	44.202	231	55.797	4.411
Printemps	130	48.327	139	51.672	2.803
Été	76	46.913	86	53.086	2.167
Automne	62	45.255	75	54.744	3.048

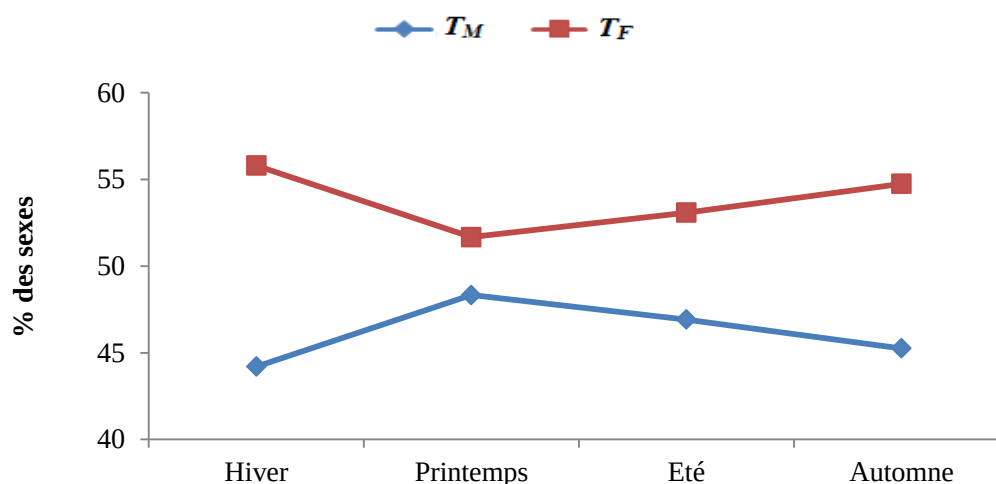


Figure 59: Evolution du sex-ratio en fonction des saisons chez *S. aurita* du littoral Est algérien.

3.3.2. Etude macroscopique des gonades.

En se basant sur l'échelle macroscopique de maturité sexuelle des gonades de Fontana (1969), le sexe et le stade de maturité sexuelle ont été déterminés. Cette échelle est basée sur la morphologie des ovaires et des testicules des poissons, le degré de développement des gonades est évalué par la taille, la coloration et la vascularisation. Les aspects macroscopiques caractérisant les gonades chez *S. pilchardus* et *S. aurita* sont similaires, aussi bien chez les femelles que chez les mâles, les gonades présentent 5 stades

Dans l'ovaire nous observons:

Stade I: Individus immatures ou en repos sexuel. Les ovaires sont fins, de couleur orange pâle avec une vascularisation légèrement apparente (fig.60, St. I).

Stade II: Début de la maturation sexuelle. Les ovaires vascularisés de couleur orange plus foncée, augmentent de volume (fig. 60, St. II).

Stade III: Pré-ponte. De couleur jaune-orange, les ovaires augmentent de volume. Les ovocytes, visibles à travers la paroi ovarienne, rendent la surface des ovaires granuleuse. La vascularisation est fine et très importante (fig. 60, St. III).

Stade IV: Ponte. Les ovaires de couleur rose-orange, atteignent leur volume maximum, leur extrémité postérieure présente une vascularisation très importante (rond bleu) qui caractérise l'étape d'émission des ovocytes. Les ovocytes mûrs en cours d'émission sont parfaitement visibles à travers leur membrane (fig. 60, St. IV).

Stade V: Post-ponte. (fig 60, St. V a) Au début de ce stade, les ovaires contiennent encore quelques ovocytes et présentent un aspect flasques couverts par des vaisseaux sanguins congestionnés A la fin les ovaires de couleur rouge sont très flasques et ont l'aspect de sacs vides. (fig 60, St. V b).

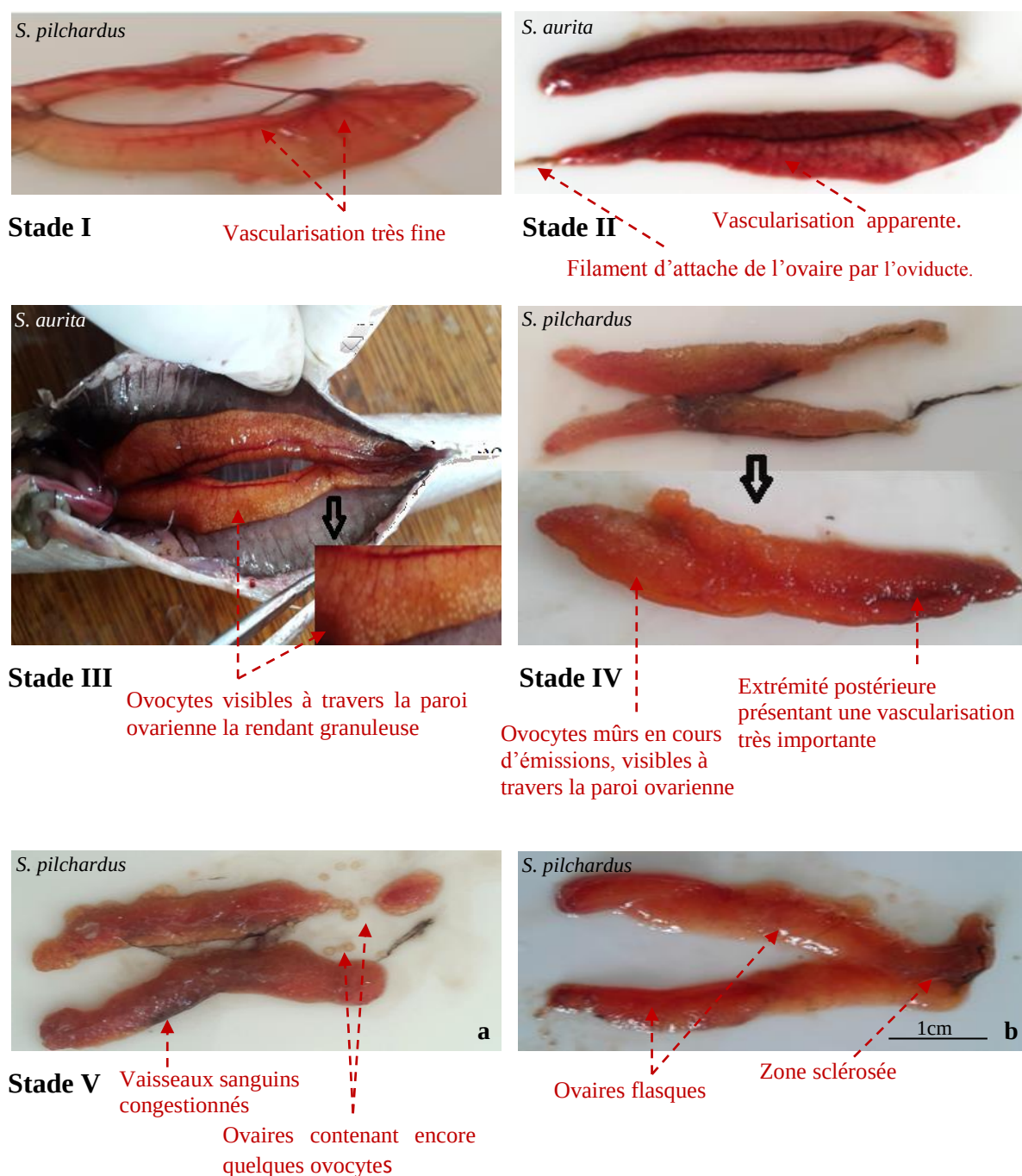


Figure 60: Les 5 stades de maturité des gonades femelles de *S. pilchardus* et de *S. aurita* pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.

Dans le testicule on rencontre:

Stade I: Individus immatures ou en repos sexuel. Les testicules très petits en «lame de couteau» de couleur gris rosée, noyés dans de la graisse difficiles à repérer (fig. 61, St. I).

Stade II: Début de la maturation sexuelle. Les testicules blanc-rougeâtres, plus volumineux qu'au stade I occupent le quart de la cavité abdominale, indiquant que la maturation vient juste de commencer (fig. 61, St. II).

Stade III: Pré-ponte. Les testicules occupent plus de la moitié de la cavité générale. Le sperme coule quand on incise (fig. 61, St. III).

Stade IV: Ponte. Les testicules blancs, occupent la quasi-totalité de la cavité abdominale, émission de sperme par simple pression sur la cavité abdominale (fig. 61, St. IV).

Stade V: Post-ponte. Les testicules gris-roses, ont l'aspect de sac vide, sperme épuisé avec une vascularisation interne visible par transparence (fig. 61, St. V a et V b).

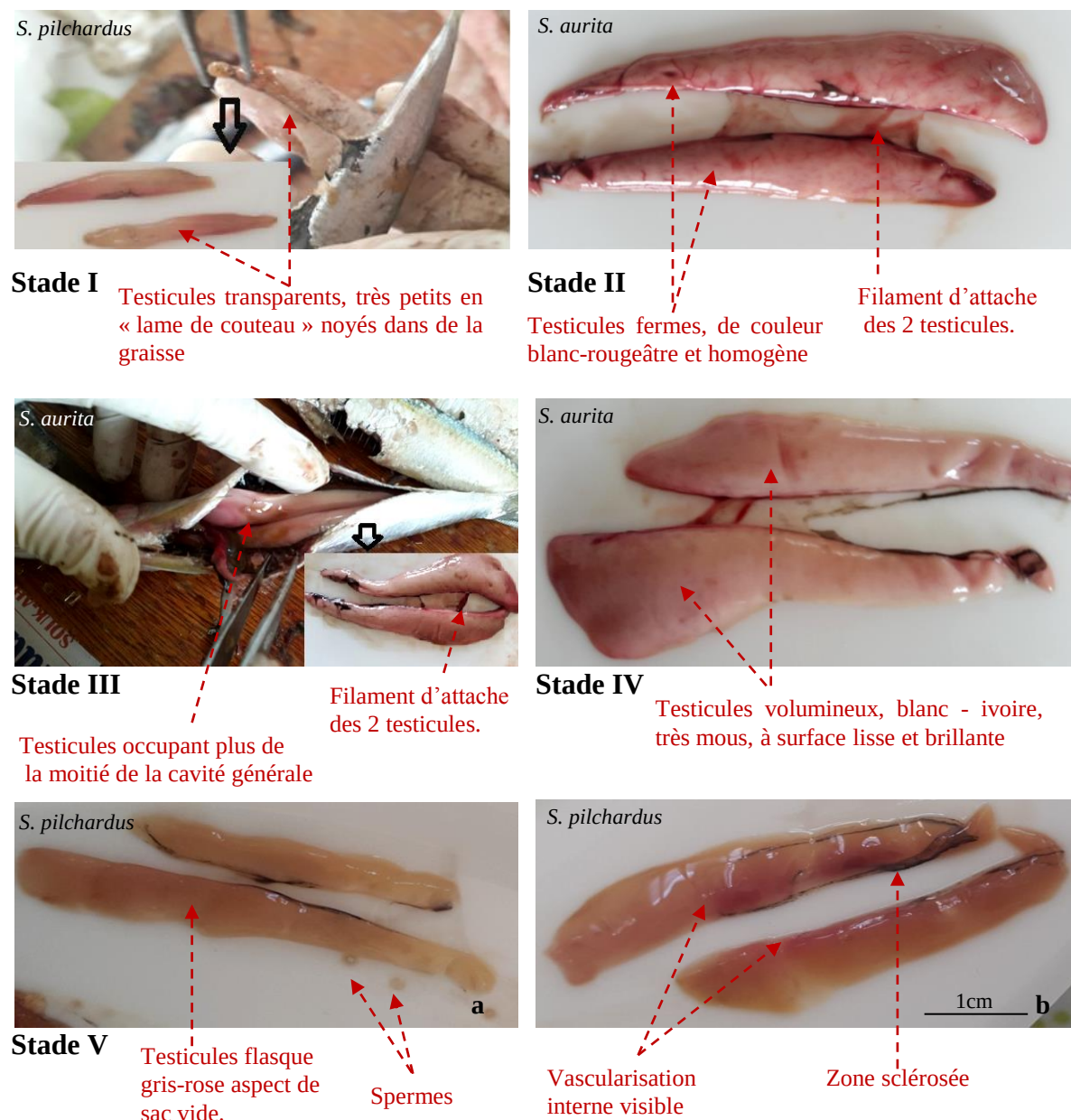


Figure 61: Les 5 stades de maturité des gonades mâles de *S. pilchardus* et de *S. aurita* pêchées dans les eaux du littoral Est algérien.

L'échelle basée sur des critères morphologiques, est moins précise que celle basée sur des critères histologiques. Cependant, elle présente l'avantage d'une détermination facile et rapide des différents stades de maturité chez les 2 espèces.

3.3.3. Taille de première maturité sexuelle chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

- Chez *S. pilchardus*:

L'examen du pourcentage de mâles matures en fonction de la taille, permet de fixer à 11.70 cm la taille (L_{50}) à laquelle 50 % de la population masculine sont aptes à se reproduire et la totalité le devient à partir d'une Lt de 15 cm. Pour les femelles, la L_{50} est de 11, 95 cm et comme pour les mâles l'ensemble de la population est adulte dès 15 cm. La population totale de *S. pilchardus* dont les tailles varient entre 8.3 et 19.5 cm, atteint sa taille de 1^{ère} maturité L_{50} à 11.80 cm (fig. 62).

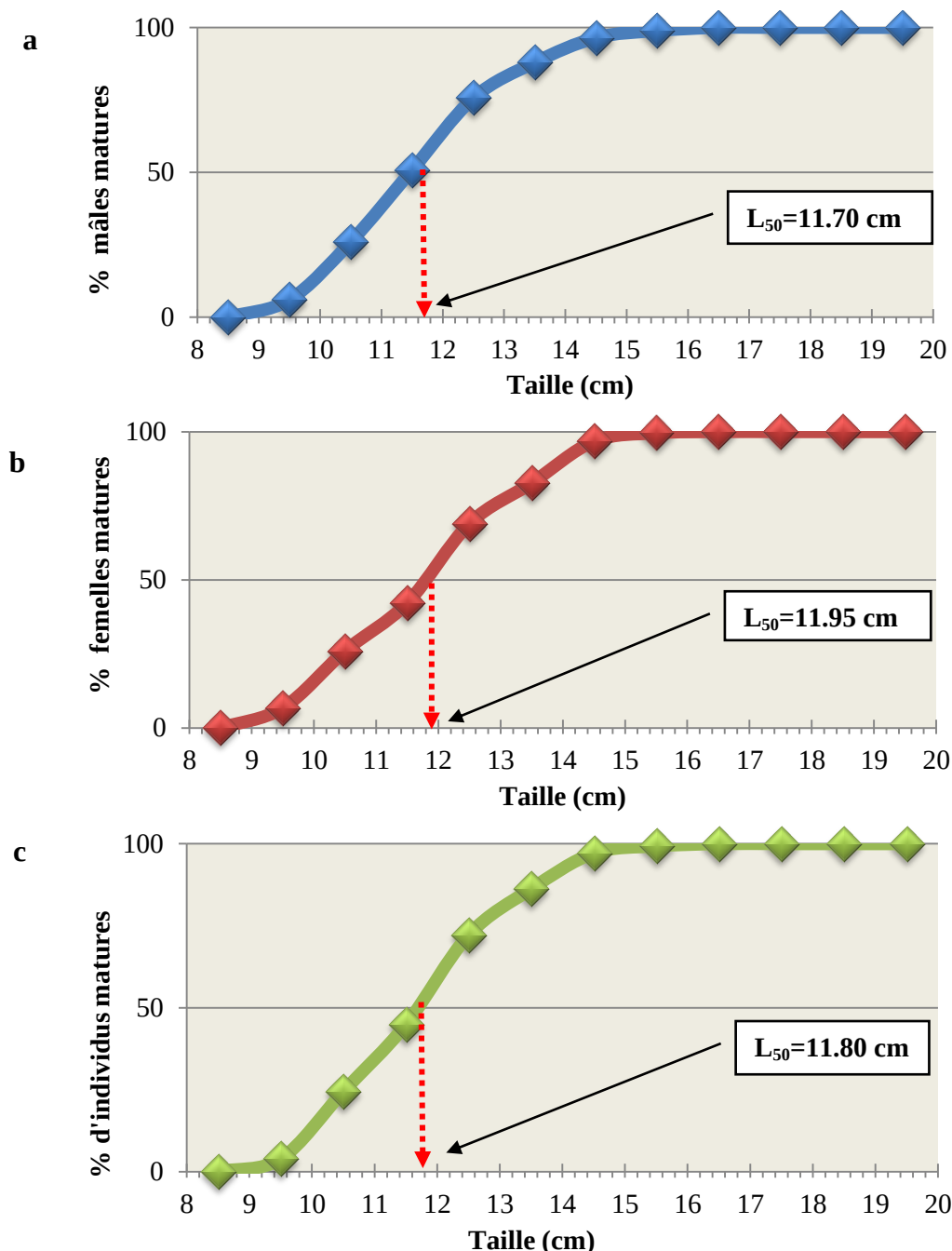


Figure 62: Ogive de 1^{ère} maturité sexuelle en fonction de la taille chez les mâles (a), les femelles (b) et les sexes confondus (c) de *S. pilchardus* du littoral Est algérien.

-Chez *S. aurita*:

La taille de 1^{ère} maturité sexuelle L_{50} chez *S. aurita* est de 13.60 cm pour les mâles qui deviennent tous matures à partir de 16 cm. Les sardinelles femelles atteignent leur taille de 1^{ère} maturité à 13.80 cm et comme les mâles elles sont toutes adultes à 16 cm.

La population totale de *S. aurita* dont les tailles varient entre 8 et 25.5 cm, atteint sa taille de 1^{ère} maturité L_{50} à 13.70 cm (fig. 63).

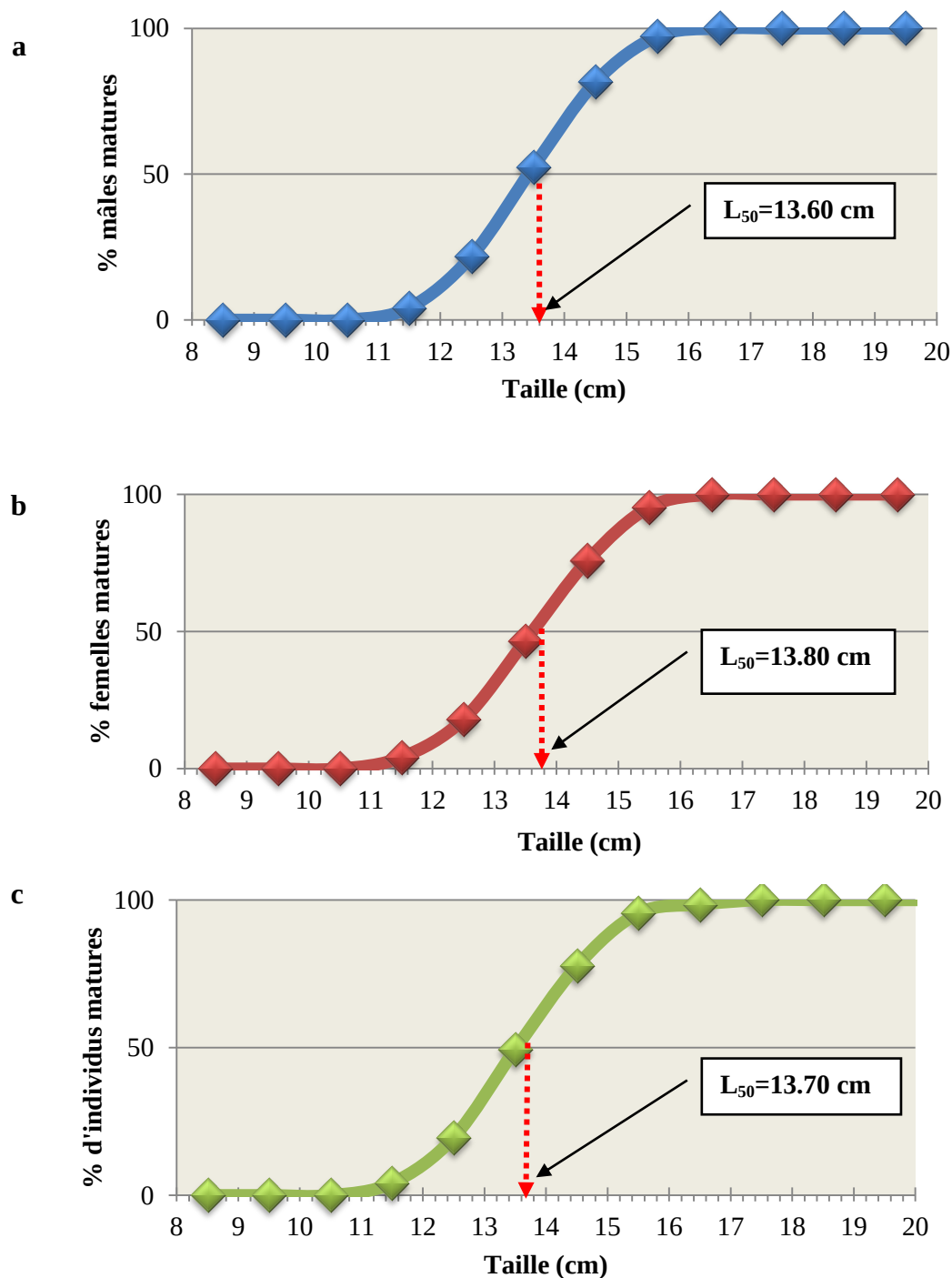


Figure 63: Ogive de première maturité sexuelle en fonction de la taille chez les mâles (a), les femelles (b) et les sexes confondus (c) de *S. aurita* du littoral Est algérien.

3.3.4. Indices pondéraux.

3.3.4.1. Rapport gonado-somatique (R.G.S.) chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

- Chez *S. pilchardus*:

Les courbes mensuelles des R.G.S. moyens des mâles et des femelles ont des évolutions saisonnières similaires.

A partir de novembre, qui marque le début de maturation des gonades, aussi bien pour les mâles que pour les femelles, les valeurs augmentent pour atteindre leurs maximums en janvier, période de ponte avec 5.12 ± 2.00 chez les mâles et 5.51 ± 1.77 chez les femelles. Ensuite, le RGS diminue lentement jusqu'à mai, marquant le début de la fin de la période de ponte avec 0.44 ± 0.23 et 0.57 ± 0.17 respectivement chez les mâles et les femelles. Le repos sexuel survient chez les 2 sexes en été et l'initiation du cycle de maturité sexuel reprend en novembre (fig. 64).

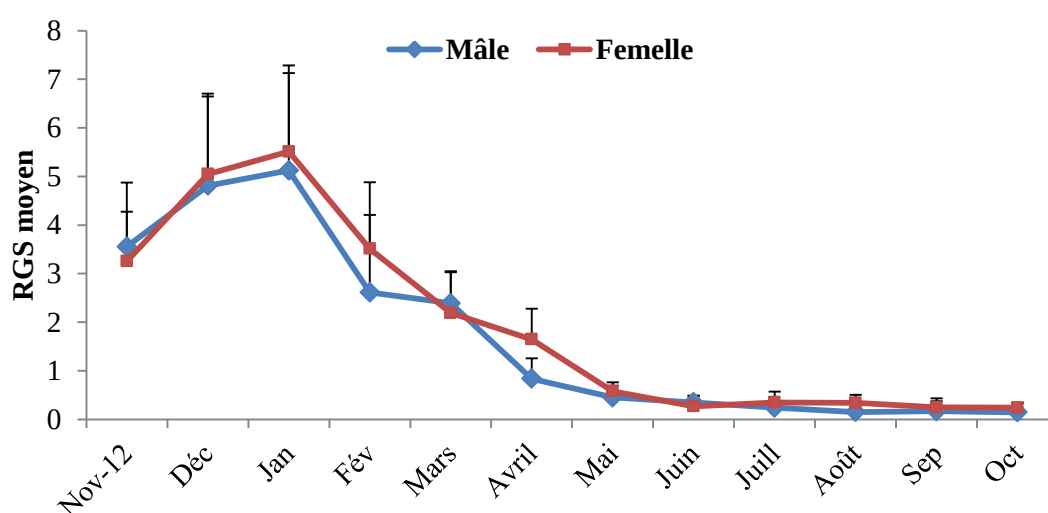


Figure 64: Evolutions mensuelles du R.G.S. moyen chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

-Chez *S. aurita*:

Les courbes mensuelles des R.G.S. moyens des mâles et des femelles ont également des évolutions saisonnières similaires, les plus fortes s'observent durant l'été et les plus faibles entre octobre et mai où on enregistre respectivement 0.29 ± 0.35 et 0.50 ± 0.24 chez les mâles et 0.56 ± 0.42 et 0.81 ± 0.64 chez les femelles. Juin marque le début de maturation des gonades, les valeurs du RGS atteignent leurs maximums en juillet période de ponte, avec 4.99 ± 1.60 chez les mâles et de 6.72 ± 2.27 chez les femelles. Ensuite, le R.G.S. diminue progressivement jusqu'à octobre, marquant ainsi le début de la fin de la période de ponte. Le repos sexuel

survient chez les 2 sexes en automne et en hiver, l'initiation du cycle de maturité sexuel apparait en juin et parfois en mai (fig. 65).

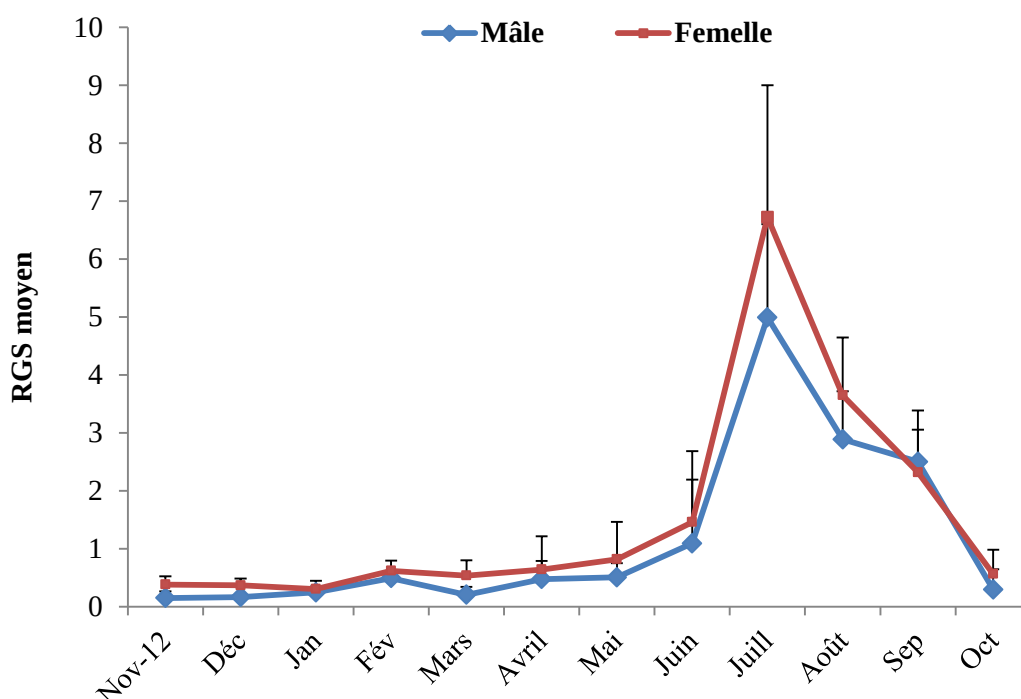


Figure 65: Evolutions mensuelles du R.G.S. moyen chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

3.3.4.2. Facteur de condition (K) de Fulton chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

Le facteur de condition K de Fulton fluctue le long de l'année aussi bien chez *S. pilchardus* que *S. aurita* en présentant un schéma évolutif identique chez les 2 sexes

- Chez *S. pilchardus*:

La condition K de la sardine du littoral Est algérien passe par 2 phases (fig. 66):

- La première phase débute en octobre, au cours de laquelle la condition K régresse progressivement pour atteindre en janvier des valeurs moyennes minimales de 0.67 ± 0.039 pour les mâles et 0.69 ± 0.052 pour les femelles. Durant cette phase, correspondant à la période de ponte, les sardines maigrissent.

- La deuxième phase commence à partir de janvier, on note une amélioration de la condition K jusqu'à mars qui marque la fin de la ponte avec 0.78 ± 0.042 chez les mâles et 0.79 ± 0.062 chez les femelles. Cette augmentation est suivie d'un plateau qui s'étale jusqu'à octobre, les sardines reconstituent leurs réserves et enregistrent les meilleurs embonpoints.

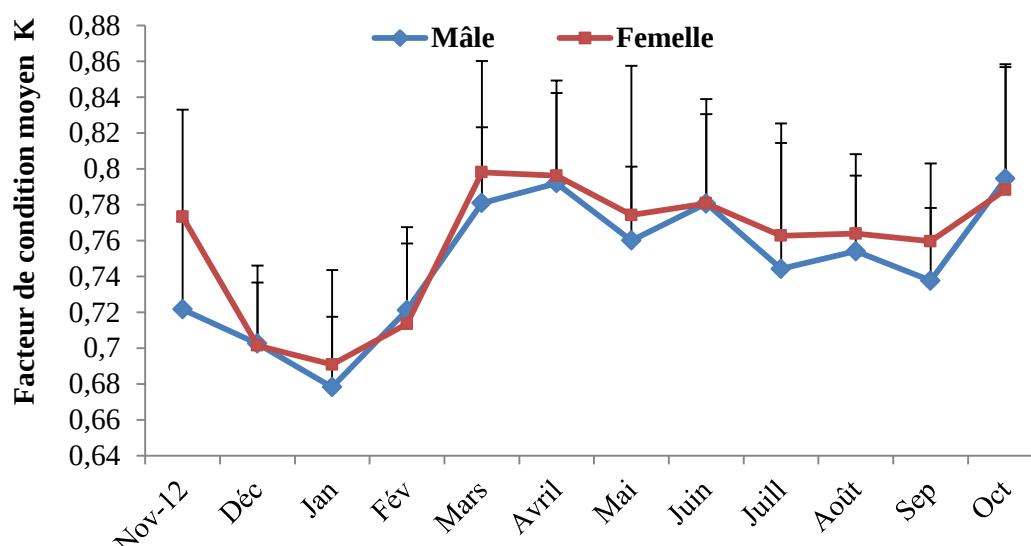


Figure 66: Evolutions mensuelles du facteur de condition K moyen de Fulton chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

-Chez *S aurita*:

L'indice de condition K des sardinelles du littoral Est algérien présente des variations presque similaires tout au long de l'année, excepté entre février et juillet. Chez les mâles, il atteint son maximum en mars avec 0.75 ± 0.011 et chez les femelles en avril avec 0.74 ± 0.028 . Ce résultat reflète la bonne condition des sardinelles qui se manifeste par une accumulation de réserves indispensables pour la gamétogenèse. L'indice pondéral s'abaisse lentement pour atteindre son minimum en juillet avec $0.71 \pm 0.051g$ pour les mâles et $0.70 \pm 0.040 g$ pour les femelles, la ponte a lieu pendant cette période de l'année (fig. 67).

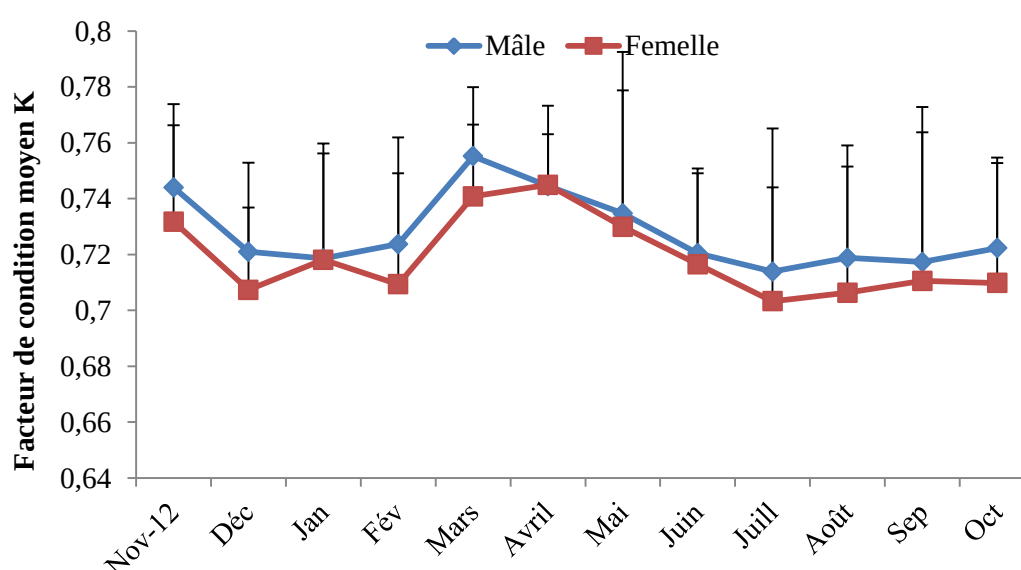


Figure 67: Evolutions mensuelles du facteur de condition K moyen de Fulton chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

3.4. Mortalité.

3.4.1. Mortalité totale (Z) chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

La valeur du coefficient de mortalité totale (Z) de l'ensemble de la population a été estimée à l'aide du logiciel FISAT II (2005) à partir de la distribution de fréquence de taille, donc des 2 paramètres de croissance: L_{∞} et K.

Selon les préconisations de Sparre et Venema (1998), des observations sont exclues de la régression de la courbe de captures linéarisée. Les premières classes de tailles qui forment la partie ascendante de la courbe correspondent aux poissons qui ne sont pas encore pleinement recrutés pour la pêche. Les classes de tailles les plus grandes sont également exclues, pour 2 raisons, leur faible effectif et l'incertitude de la relation entre l'âge et la longueur au fur et à mesure que l'on s'approche de L_{∞} .

Chez *Sardina pilchardus*, les paramètres de croissance $L_{\infty} = 21.58$ et $K = 0.39$, nous ont permis de calculer un coefficient de mortalité totale $Z = 1.95 \text{ an}^{-1}$ (fig. 68 a).

Pour ce qui est de *Sardinella aurita*, dont les paramètres de croissance sont $L_{\infty} = 26.68$ et $K = 0.41$, le Z retenu correspond à 1.87 an^{-1} (fig. 68 b).

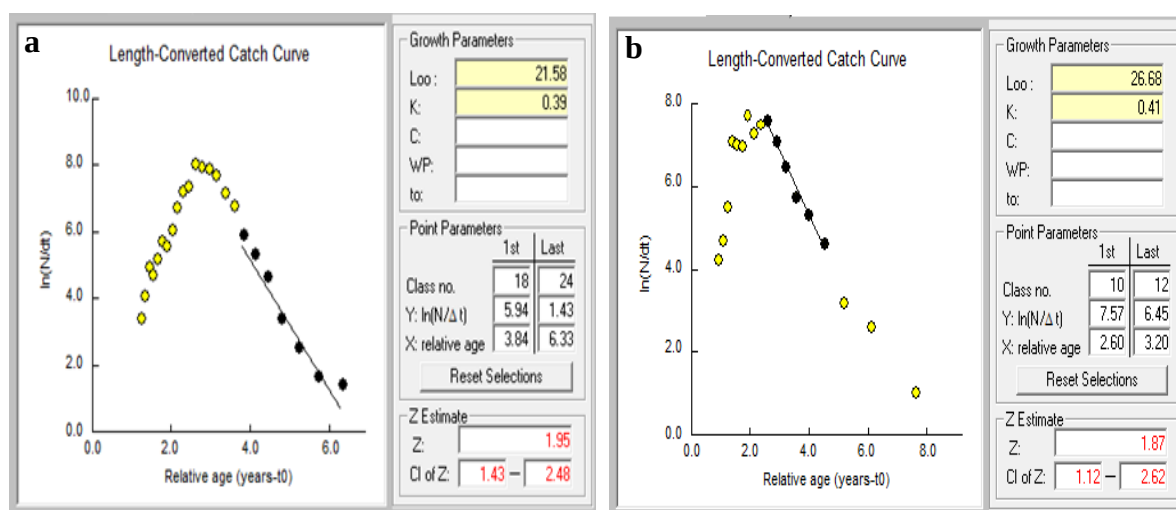


Figure 68: Calcul de Z par la courbe de captures selon les longueurs totales chez *S. pilchardus* (a) et chez *S. aurita* (b) (FISAT II, 2005). ● : Points retenus dans le calcul de la régression.

3.4.2. Mortalité naturelle (M) chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

A partir des paramètres de croissance L_{∞} et K et une température annuelle moyenne de l'eau estimée à 19°C (annexe 9), nous avons évalué la mortalité naturelle (M) chez *S. pilchardus* et chez *S. aurita*. Pour cela, nous avons utilisé 2 méthodes qui nous ont donné 2 résultats différents: **Djabali et al. (1993)** et **Pauly (1980)**.

- Chez *S. pilchardus*:

Chez *S. pilchardus* la mortalité naturelle (M) estimée par la méthode de **Djabali et al. (1993)** donne un coefficient de 0.41 an^{-1} cette valeur double quand on applique l'équation de **Pauly (1980)** $M = 0,88 \text{ an}^{-1}$ (fig. 69).

Nous avons opté pour la méthode de **Djabali et al. (1993)** mieux adaptée à nos 2 espèces car, établie sur la base des paramètres de croissance et de mortalité de 56 stocks de poissons vivant en **Méditerranée**, elle ne tiens pas compte des températures des eaux. Ce choix est appuyé par les résultats des travaux du groupe CGPM, (1981) sur les Clupéidés de Méditerranée. En tenant compte de l'équation proposée par Beverton et Holt (1959) mettant en rapport le coefficient de mortalité naturelle (M) et la vitesse de croissance (K), chez les petits pélagiques M/K doit être compris entre 1 et 2. Dans ce cas $M = 0.41 \text{ an}^{-1}$ est retenu car le rapport $M/K = 1.05$. La méthode préconisée par Pauly donne un rapport $M/K = 2.25$.

Pauly's M Equation

Function
Pauly's M empirical equation for estimation of natural mortality (M) is :
 $\log(M) = -0.0066 - 0.279 \log(Loo) + 0.6543 \log(K) + 0.4634 \log(T)$
where:
Loo is the asymptotic length measured in total length
K is the VBGF growth constant
T is the mean annual habitat

Option
Please select the option to use:
☒ Use Loo
☐ Use Woo
NOTE: The estimate may not apply to organisms other than fish (Pisces), especially not to bivalves and other sessile invertebrates. Moreover, it is valid only if Loo refers to total length.
The acceptable temperature range is -2 to 31°C. For temperatures lower than 3.5°C, a transformation is used which is described in FISAT documentations.

User Defined Inputs
Asymptotic length, Loo (cm): 21.58
VBGF growth constant K (1/year): 0.39
Mean habitat temperature (°C): 19

Estimate
Estimated value of natural mortality (1/year): 0.88246

Pauly (1980)	0.88
Djabali et al (1993)	$\text{Log}_{10} M = 0.0278 - 0.1172 \log_{10} L_{\infty} + 0.5092 \text{Log}_{10} K$ 0.41*
* valeur retenue pour l'exploitation du stock de <i>S. pilchardus</i> .	

Figure 69: Estimation de la mortalité naturelle (M) selon les méthodes de Pauly (1980) et de Djabali et al. (1993) chez *S. pilchardus*.

-Chez *S aurita*:

La mortalité naturelle (M) estimée chez *S. aurita* par la méthode de **Djabali et al. (1993)** donne un coefficient M de 0.40 an^{-1} qui passe à 0.86 an^{-1} quand il est calculé par l'équation de **Pauly (1980)** (fig.70). Nous retiendrons la valeur obtenue par la méthode de **Djabali et al. (1993)** car le rapport $M/K = 1$ concorde avec les résultats de la relation de

Beverton et Holt (1959) selon laquelle $1 \leq M/K \leq 2$ pour les petits pélagiques. Alors que le coefficient de mortalité naturelle $M = 0.86 \text{ an}^{-1}$ de Pauly (1980) est > 2 , puisque la valeur du rapport $M/K = 2.09$.

Pauly's M Equation

Function
Pauly's M empirical equation for estimation of natural mortality (M) is :
 $\log(M) = -0.0066 - 0.279 \log(L_{\infty}) + 0.6543 \log(K) + 0.4634 \log(T)$
where:
L_∞ is the asymptotic length measured in total length
K is the VBGF growth constant
T is the mean annual habitat

Option
Please select the option to use:
☒ Use Loo
☐ Use Woo

NOTE: The estimate may not apply to organisms other than fish (Pisces), especially not to bivalves and other sessile invertebrates. Moreover, it is valid only if Loo refers to total length.

The acceptable temperature range is -2 to 31°C. For temperatures lower than 3.5°C, a transformation is used which is described in FISAT documentations.

User Defined Inputs
Asymptotic length, Loo (cm): 26.68
VBGF growth constant K (1/year): 0.41
Mean habitat temperature (°C): 19

Estimate
Estimated value of natural mortality (1/year): 0.85941

Pauly (1980)	≈ 0.86
Djabali et al (1993)	$\log_{10} M = 0.0278 - 0.1172 \log_{10} L_{\infty} + 0.5092 \log_{10} K$ 0.40* * valeur retenue pour l'exploitation du stock de <i>S. aurita</i> .

Figure 70: Estimation de la mortalité naturelle (M) selon les méthodes de Pauly (1980) et de Djabali et al. (1993) chez *S. aurita*.

3.4.3. Mortalité par pêche (F) et Taux d'exploitation (E) chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

Le coefficient de mortalité par pêche (F) calculé à partir des valeurs des mortalités totale Z et naturelle M: $F = Z - M$ est de 1.54 an^{-1} chez *S. pilchardus* et 1.47 an^{-1} chez *S. aurita*.

Le taux d'exploitation $E = F/Z$ est de 0.79 an^{-1} chez *S. pilchardus* et à 0.78 an^{-1} chez *S. aurita* (tab. 30). Ces valeurs révèlent un état de surexploitation (overfishing), si l'on se réfère à l'hypothèse formulée par Gulland (1971) qui explique que si $E < 0.5$ on est en état de sous exploitation, $= 0.5$ en équilibre et s'il est > 0.5 on est en surexploitation.

Tableau 30: Récapitulation des résultats des mortalités par pêche (F) et des taux d'exploitation (E) chez *S. pilchardus* et *S. aurita* calculés à partir des mortalités totale Z et naturelle M. $E > 5$ état de surexploitation.

<i>S. pilchardus</i>				<i>S. aurita</i>			
Z	M	F	E	Z	M	F	E
1.95	0.41 Djabali et al.(1993)	1.54	$0.79 > 0.5$	1.87	0.40 Djabali et al. (1993)	1.47	$0.78 > 0.5$

3.4.4. Probabilités de captures chez *S. pilchardus* et *S. aurita*.

- Chez *S. pilchardus*:

La compilation des valeurs de la mortalité totale (Z) en fonction des longueurs totales des poissons signalée dans la figure 68 a et des probabilités de captures (fig. 71) nous ont permis d'analyser la probabilité de 1^{ère} capture chez la sardine (fig.72).

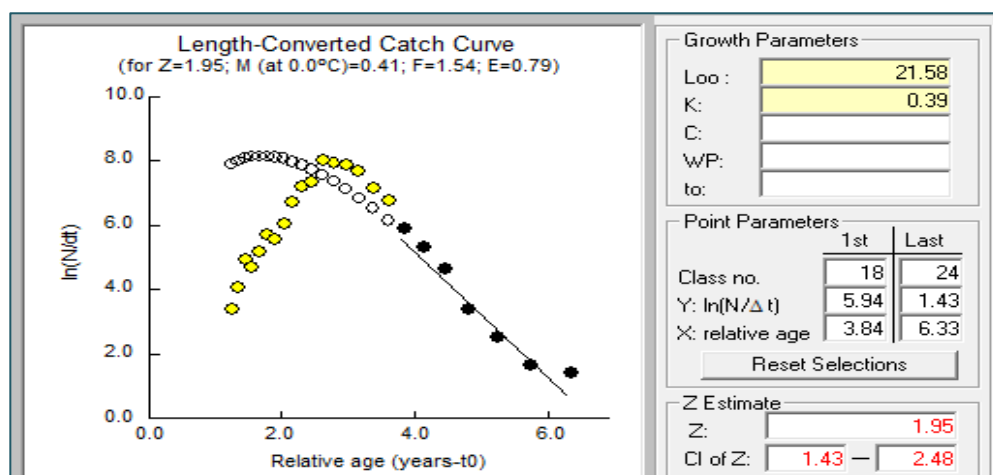


Figure 71: Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante de la courbe de captures de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, FISAT II (2005).

Les résultats montrent que les tailles moyennes de premières captures L_{c25} , L_{c50} et L_{c75} sont respectivement de 8.06, 8.71 et 11.65 cm (fig. 72).

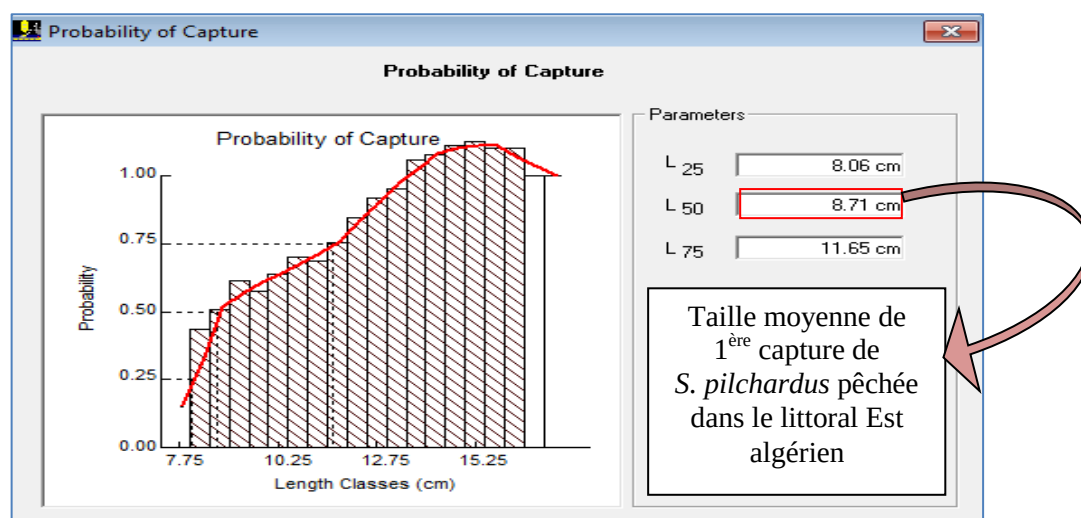


Figure 72: Probabilité de 1^{ère} capture de *S. pilchardus*, FISAT II (2005).

Ainsi la taille moyenne de 1^{ère} capture L_{c50} est de 8.71 cm pour des longueurs extrêmes des sardines allant de 8.3 à 19.5 cm. Si on se réfère aux données de la 1^{ère} taille de maturité sexuelle chez la population totale (voir fig.62 c) où 11.8 cm correspondent à 1 an, l'âge de 1^{ère} capture serait de 0.74 an à la taille de 8.71 cm.

-Chez *S. aurita*:

En assemblant les valeurs de la mortalité totale (Z) en fonction des longueurs totales des poissons (fig. 68 b) et des probabilités de captures (fig. 73) nous avons analysé la probabilité de 1^{ère} capture chez la sardinelle (fig. 74).

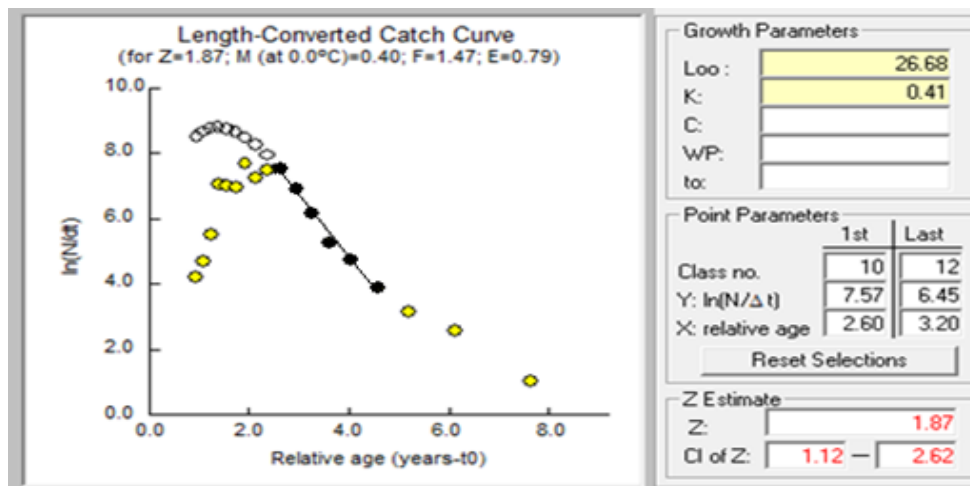


Figure 73: Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante de la courbe de captures de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien, FISAT II (2005).

Le calcul de la probabilité de 1^{ère} capture montrent que les tailles L_{c25} , L_{c50} et L_{c75} sont respectivement de 7.96, 9.23 et 11.60 cm (fig. 74).

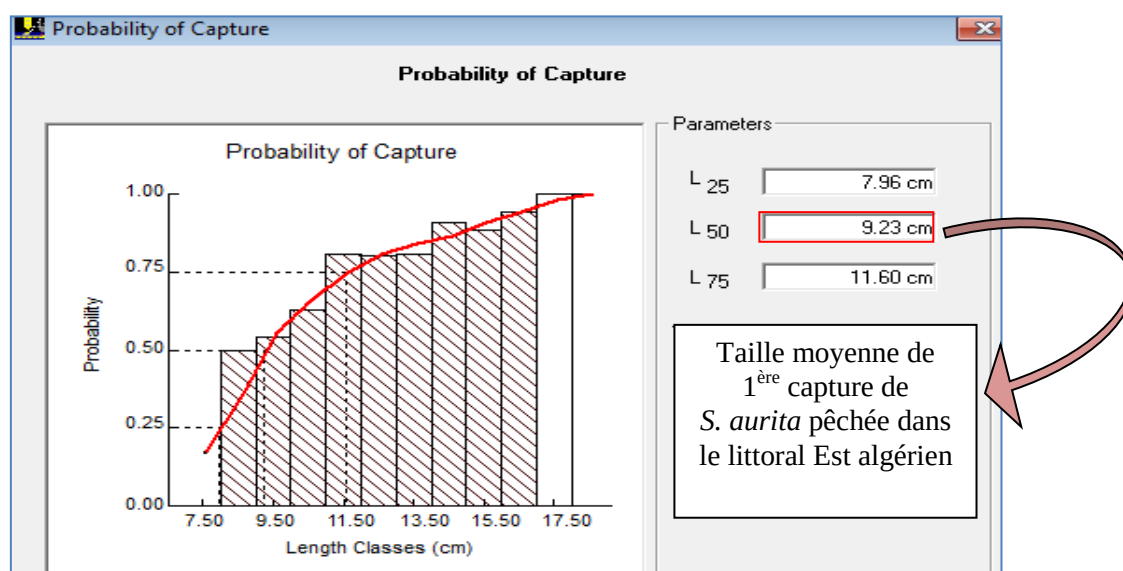


Figure 74: Probabilité de 1^{ère} capture de *S. aurita*, FISAT II (2005).

Ainsi la taille moyenne de 1^{ère} capture L_{c50} est de 9.23 cm pour des longueurs extrêmes des sardinelles allant de 8 à 25.5 cm et l'âge de 1^{ère} capture (t_c) est de 0.67 an, si l'on se réfère aux données de 1^{ère} taille de maturité sexuelle chez la population totale (voir fig. 63 c) à 1 an la sardinelle mesure 13.7 cm.

3.5. Evaluation de l'état d'exploitation.

3.5.1. Données indispensables pour l'analyse virtuelle de la population (VPA).

Les données statistiques des captures de poissons bleus, de sardine et de sardinelle de novembre 2012 à octobre 2013 ont été obtenus auprès des services statistiques des directions des pêches des 2 wilayas Annaba (DPRHA) et El Tarf (DPRHET). Les moyennes sont représentées dans le tableau 31.

Tableau 31: Débarquement en tonnes de *S. pilchardus* et de *S. aurita* aux ports de pêches d'Annaba, de Chetaïbi et d'El Kala de novembre 2012 à octobre 2013.

Espèces \ Débarquement (t)	Port d'Annaba la Grenouillère	Port de Chetaïbi	Port d'El Kala	Total
Poisson bleus	3329.2	270.2	5347.152	8946.552
Sardine	632.2	56.8	4146.315.	4865.315
Sardinelle	1415.8	46.9	480.14	1942.84

L'application de la VPA a nécessité l'introduction dans le programme **VIT Software 1.2** (Lleonart et Salat, 2000) des paramètres de croissance de von Bertalanffy (L_{∞} , K et t_0), des paramètres de la relation taille-poids (a et b), des mortalités naturelle (M) et par pêche (F), de la distribution des fréquences de tailles, des proportions des individus matures de chaque classe de tailles et la production annuelle du stock exploité que nous avons regroupés dans le tableau 32 pour *Sardina pilchardus* et le 33 pour *Sardinella aurita*.

Tableau 32: Données utilisées pour le calcul de la VPA et de l'analyse de cohorte par la longueur et par l'âge chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	Effectif	Paramètres
8.5	3	Clé âge longueur Age (an) 1 2 3 4 5 Taille (cm) 9.50 10.99 14.38 16.60 19.62
9.5	9	
10.5	19	
11.5	30	Equation de la croissance linéaire $L_t = 21.58 [1 - e^{-0.39 (t - (-0.086))}]$
12.5	105	
13.5	249	Relation taille-poids $W_t = 0.0039 L_t^{3.236}$
14.5	338	
15.5	247	Mortalités (an^{-1}) $M = 0.41; F = 1.54; Z = 1.95$
16.5	105	
17.5	33	Taille de la 1^{ère} maturité sexuelle $L_{50} = 11.80 \text{ cm}$
18.5	6	
19.5	2	Production annuelle de <i>S. pilchardus</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013. 4865.31 tonnes.

CC: Centre de classe de taille.

Tableau 33: Données utilisées pour le calcul de la VPA et de l'analyse de cohorte par la longueur et par l'âge chez *S. aurita* capturée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	Effectif	Paramètres
8.5	3	Clé âge longueur Age (an) 1 2 3 4 5 Taille (cm) 12.50 14.75 17.47 20.96 24.83
9.5	5	
10.5	12	
11.5	61	Equation de la croissance linéaire $L_t = 26.68 [1 - e^{-0.41 (t - (-0.085))}]$
12.5	61	
13.5	64	
14.5	140	Relation taille-poids $W_t = 0.005 L_t^{3.134}$
15.5	101	
16.5	137	
17.5	165	Mortalités (an⁻¹) $M = 0.40; F = 1.47; Z = 1.87$
18.5	113	
19.5	69	
20.5	39	Taille de la 1^{ère} maturité sexuelle $L_{50} = 13.70 \text{ cm}$
21.5	31	
22.5	19	
23.5	6	Production annuelle de <i>S. aurita</i> pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013. 1942.84 tonnes.
24.5	5	
25.5	2	

CC: Centre de classe de taille.

3.5.2. Captures des individus en nombre et en poids.

Le traitement des données au VIT Software 1.2 (LLeonart et Salat, 2000) donne la fréquence en nombre et en poids des individus par centre de classe au sein de la capture totale.

3.5.2.1. Captures des individus en nombre et en poids chez *S. pilchardus*.

L'effectif des individus capturés et leurs poids sont exprimés par centre de classe. La capture totale entre novembre 2012 et octobre 2013 est de l'ordre de **215.10⁶ individus**, ce qui correspond à un poids de **4865.31 tonnes** (tab.34).

L'exploitation de *S. pilchardus* se fait essentiellement sur les individus appartenant au centre de classe **14.5 cm**, leur poids total moyen est de **1408.49 tonnes** correspondant à une capture de **63.10⁶ d'individus** environ (tab. 34).

La longueur moyenne représentative de la capture est de l'ordre de **14.37 cm** correspondant à un âge moyen de **2.78 ans** (tab. 34).

Tableau 34: Captures en nombre et en poids d'individus en fonction de la taille de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	Capture totale en nombre	Capture totale en poids (g)
8.5	563885.19	2247007.01
9.5	1691655.56	9652622.68
10.5	3571272.85	28150753.61
11.5	5638851.87	59626670.68
12.5	19735981.6	272919623.2
13.5	46802470.6	827558480
14.5	63531064.4	1408493013
15.5	46426547.1	1270905821
16.5	19735981.6	659558728.3
17.5	6202737.06	250122731.5
18.5	1127770.37	54685781.8
19.5	375923.46	21393766.5
Totale	215404142	4865315000
Age moyen (an)	2.78	
Taille moyenne (cm)	14.37	

CC: Centre de classe de taille.

La distribution des captures en nombre de *S. pilchardus* (fig. 75 a) est représentative de l'état d'exploitation qui a sévit durant ces 12 mois, elle montre qu'à partir de la classe de taille 10 cm, un nombre considérable de sardine est déjà exploité.

La gamme des classes de tailles les plus représentatives en nombre de poissons capturés, s'étend de 10 à 17 cm. Les individus immatures et plus âgés sont donc moins nombreux. Néanmoins la taille moyenne des captures qui est de 14.37 cm est largement supérieure à la taille de 1^{ère} maturité du stock de *S. pilchardus* estimée à 11.80 cm.

La répartition des captures en poids de *S. pilchardus* est caractérisée par une courbe en forme de cloche (fig. 75 b), le poids augmente au fur et à mesure de la taille, jusqu'à atteindre un maximum au niveau du centre de classe de taille 14.5 cm (gamme de taille la plus importante en poids). Les 2 gammes, des jeunes recrues de moins de 11 cm et des adultes de plus de 18 cm sont peu représentés dans les captures pondérales.

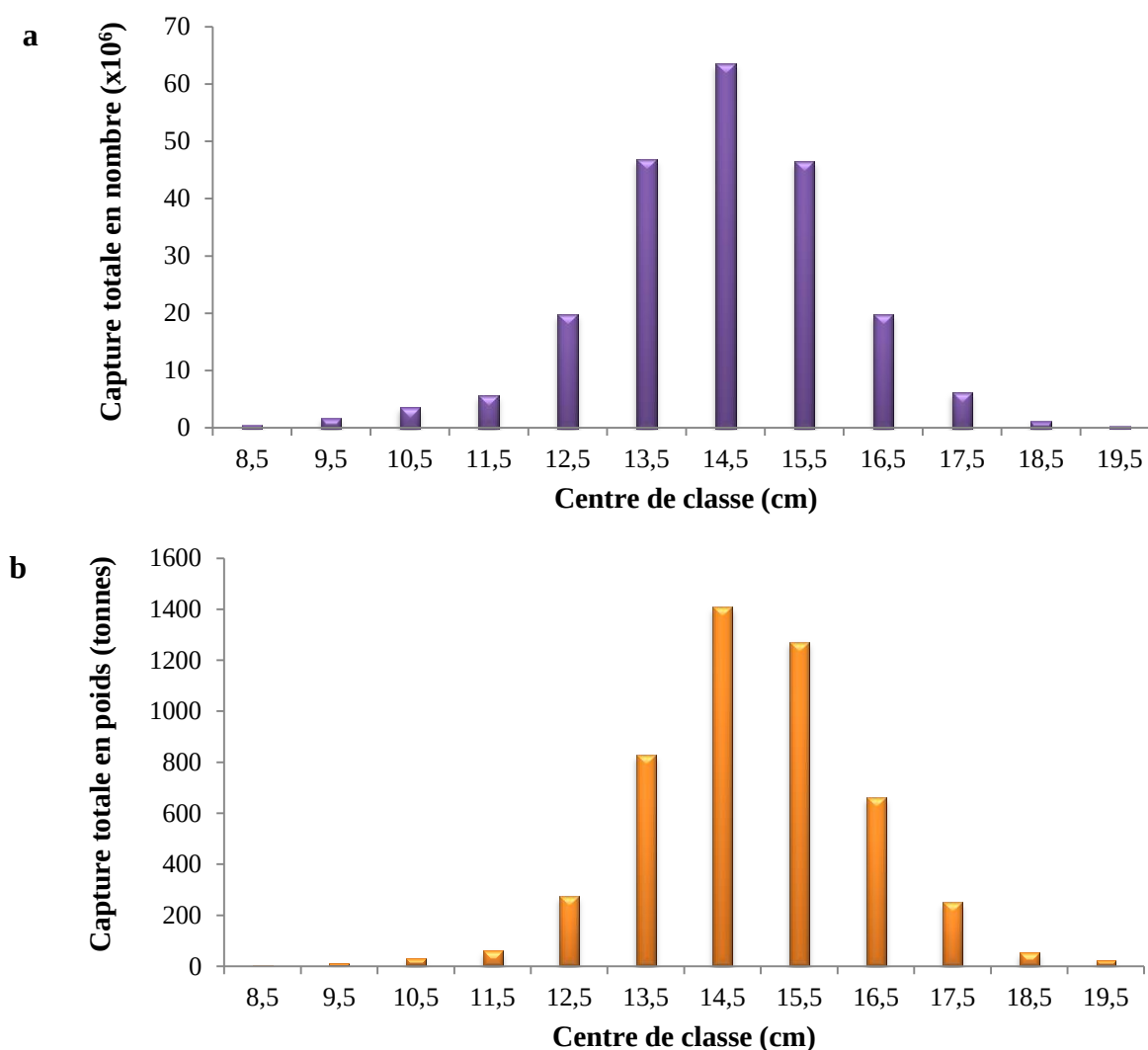


Figure 75: Captures en nombre (a) et en poids (b) d'individus en fonction de la taille de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013.

3.5.2.2. Captures des individus en nombre et en poids chez *S. aurita*.

Au regard des résultats en nombre d'individus et en poids par centre de classe chez *S. aurita* pêchée entre novembre 2012 et octobre 2013, la capture totale est de l'ordre de 55.10^6 individus, ce qui correspond à un poids de 1942.84 tonnes (tab. 35).

L'exploitation de *S. aurita* se fait essentiellement sur les individus appartenant au centre de classe 17.5 cm. Leur poids total moyen est de 345.43 tonnes correspondant à une capture d'environ 9.10^6 d'individus (tab. 35).

Le VIT calcule également la longueur moyenne représentative de la capture, qui est de l'ordre de 16.35 cm correspondant à un âge moyen de 2.34 ans (tab. 35).

Tableau 35: Captures en nombre et en poids d'individus en fonction de la taille de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	Capture totale en nombre	Capture totale en poids (g)
8.5	160359.96	658467.92
9.5	267266.6	1553906.11
10.5	641439.85	5100030.64
11.5	3260652.57	34439964.5
12.5	3260652.57	44709785.6
13.5	3421012.53	59683973.6
14.5	7483464.91	163080583
15.5	5398785.4	145033244
16.5	7323104.95	238997730
17.5	8819797.93	345433680
18.5	6040225.25	281514561
19.5	3688279.14	202775687
20.5	2084679.51	134128324
21.5	1657052.94	123599003
22.5	1015613.1	87247746.6
23.5	320719.92	31647015.9
24.5	267266.6	29904780.9
25.5	106906.64	13331516.1
Totale	55217280.4	1942840000
Age moyen (an)	2.34	
Taille moyenne (cm)	16.35	

CC: Centre de classe de taille.

Les captures en nombre de *S. aurita* (fig. 76 a) montrent qu'à partir de la classe de taille de 11 cm, un grand nombre de sardinelle est déjà exploité. La gamme des classes de tailles les plus représentatives en nombre de poissons capturés, s'étend de 11 à 19 cm.

Les individus immatures et plus âgés sont moins nombreux. Néanmoins la taille moyenne des captures qui est de **16.35** cm est largement supérieure à la taille de 1^{ère} maturité du stock de *S. aurita* estimée à 13.70 cm.

La courbe représentative des captures pondérales augmente au fur et à mesure des classes de tailles, jusqu'à atteindre un maximum dans le centre de classe de taille **17.5 cm** (gamme de taille la plus importante en poids). Les 2 gammes, des jeunes recrues de moins de 14 cm et des adultes de plus de 22 cm sont peu représentés dans les captures pondérales (fig. 76 b).

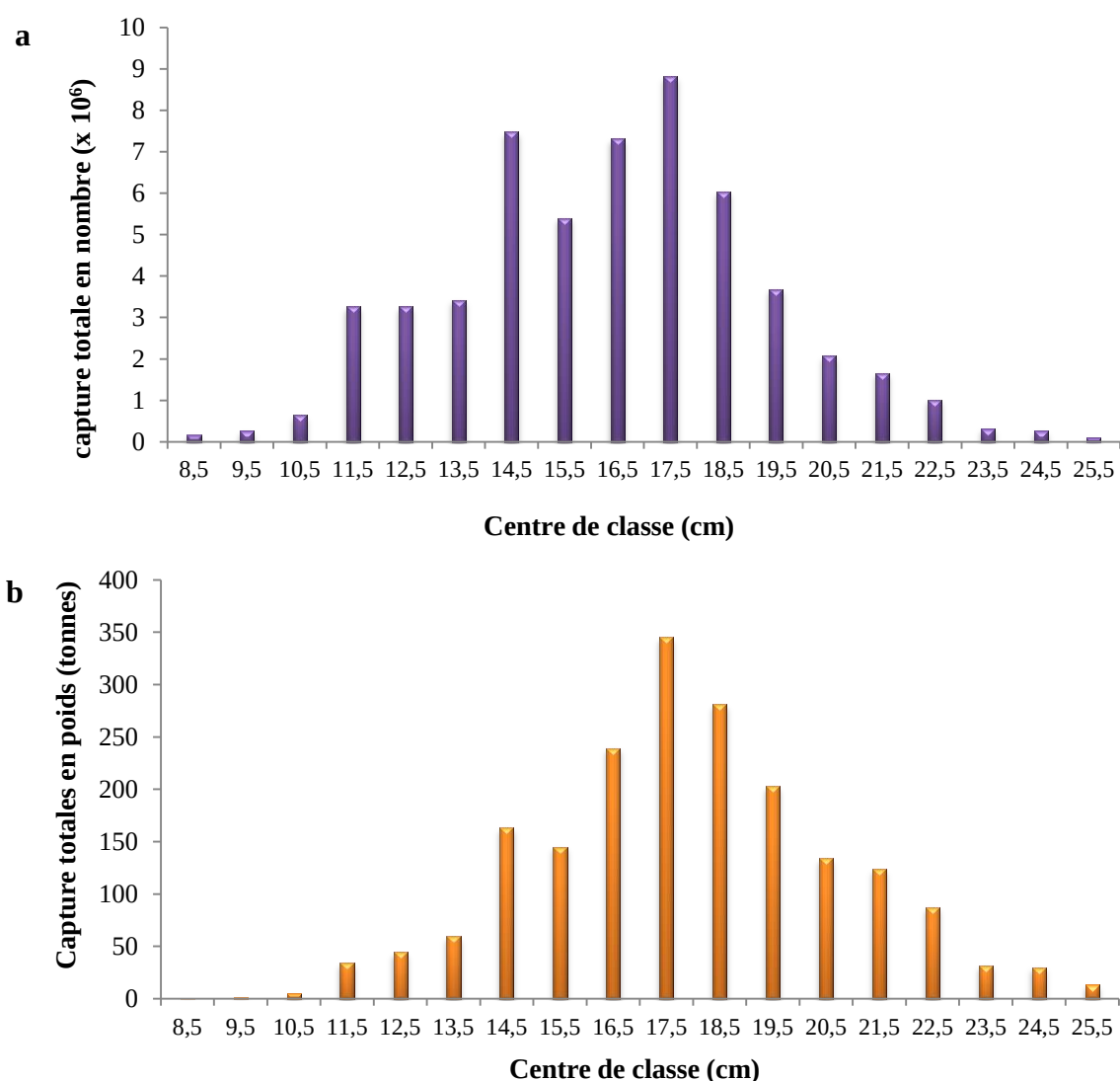


Figure 76: Captures en nombre (a) et en poids (b) d'individus en fonction de la taille de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013.

3.5.3. Analyse de la VPA.

Même en l'absence de pêche, on note que lorsqu'une cohorte vieillit, son effectif diminue, cette baisse est généralement continue, car nous avons noté que la mortalité naturelle intervient à tous les âges (en liaison notamment avec la prédation), elle s'additionne à la mortalité par pêche pour accélérer la décroissance des effectifs aussi bien chez *S. pilchardus* que chez *S. aurita*.

3.5.3.1. Analyse de la biomasse exploitable (stock actuel) et des mortalités par pêche (F) chez *Sardina pilchardus*.

- Analyse de la biomasse exploitable.

La biomasse moyenne (B_{moy}) exploitable du stock des survivants (stock actuel) de *S. pilchardus* est de l'ordre de **6656.17 tonnes**. Ce stock est composé de 12 classes de tailles

allant de 8.5 à 19.5 cm. La taille moyenne du stock est de **11.52 cm**, correspondant à un âge moyen de **1.94 ans**.

La moyenne annuelle totale de la Biomasse Féconde (BF) (stock reproducteur ou SSB (Spawning Stock Biomass), obtenue grâce aux taux de maturité sexuelle introduits comme données d'entrée dans la modélisation est de à **4450 tonnes** (tab. 36).

Tableau 36: Résultats de la biomasse exploitable obtenus par VPA de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	Stock actuel en nombre par VPA		Stock actuel en poids par VPA	
	Nombre initial	Nombre moyen d'individus	poids initial (g)	Poids moyen (g)
8.5	438458159	82611828	1430184149	329197076.6
9.5	404428222	82124667	1931233658	468605097.3
10.5	369467864	81261024	2481082908	640544468.7
11.5	332977750	79838565	3043873158	844233525.3
12.5	294996296	76022665	3573647253	1051281748
13.5	244463533	65346072	3837066962	1155445331
14.5	171189368	45620532	3415165225	1011413879
15.5	89177426	23905801	2224082310	654410543
16.5	33066639	9552498.9	1016218104	319235911
17.5	9460940.3	3046218.5	353778649	122837464.1
18.5	2024180.2	929505.5	91070054.1	45071883.58
19.5	519867.09	244106.14	27861441.9	13892056.17
Total	-	550503482	-	B_{moy} = 6656168982.61
Age moyen du stock (an)	-	1.94	-	BF (SSB) = 4449936740.92
Taille moyenne du stock (cm)	-	11.52		

C.C. (cm): Centre de classe de taille, VPA: Analyse virtuelle de la population, B_{moy}: biomasse moyenne et BF (SSB): biomasse féconde.

Le stock des survivants en nombre, diminue progressivement (tab. 36 et fig. 77 a) depuis la première classe de taille de 8.5 cm, considérée comme la classe de taille des jeunes recrues (jeunes poissons, issus de la reproduction, pénétrant pour la première fois dans l'aire de l'exploitation); représentée par le nombre initial de la première classe de taille et qui est de l'ordre de **438.10⁶ d'individus**. Ce processus de recrutement est généralement associé à une taille et à un âge de recrutement. La taille et l'âge moyens du stock actuel sont respectivement de l'ordre de **11.52 cm** et **1.94 ans**.

L'évolution de la biomasse du stock actuel en poids de *S. pilchardus*, montre une tendance à l'augmentation du poids moyen avec la croissance des individus. Une fois arrivée à une taille d'environ 13.5 cm (tab. 36 et fig. 77 b), cette tendance s'inverse et les poids moyens des survivants diminuent chez les poissons de grandes tailles. De ce fait, le poids initial de la première classe de tailles de 8.5 cm est de l'ordre de 1430.18 tonnes (biomasse des recrues) avec une moyenne de 329.19 tonnes et le poids maximum virtuel est estimé à 1155.5 tonnes représenté, par environ 65.10^6 individus.

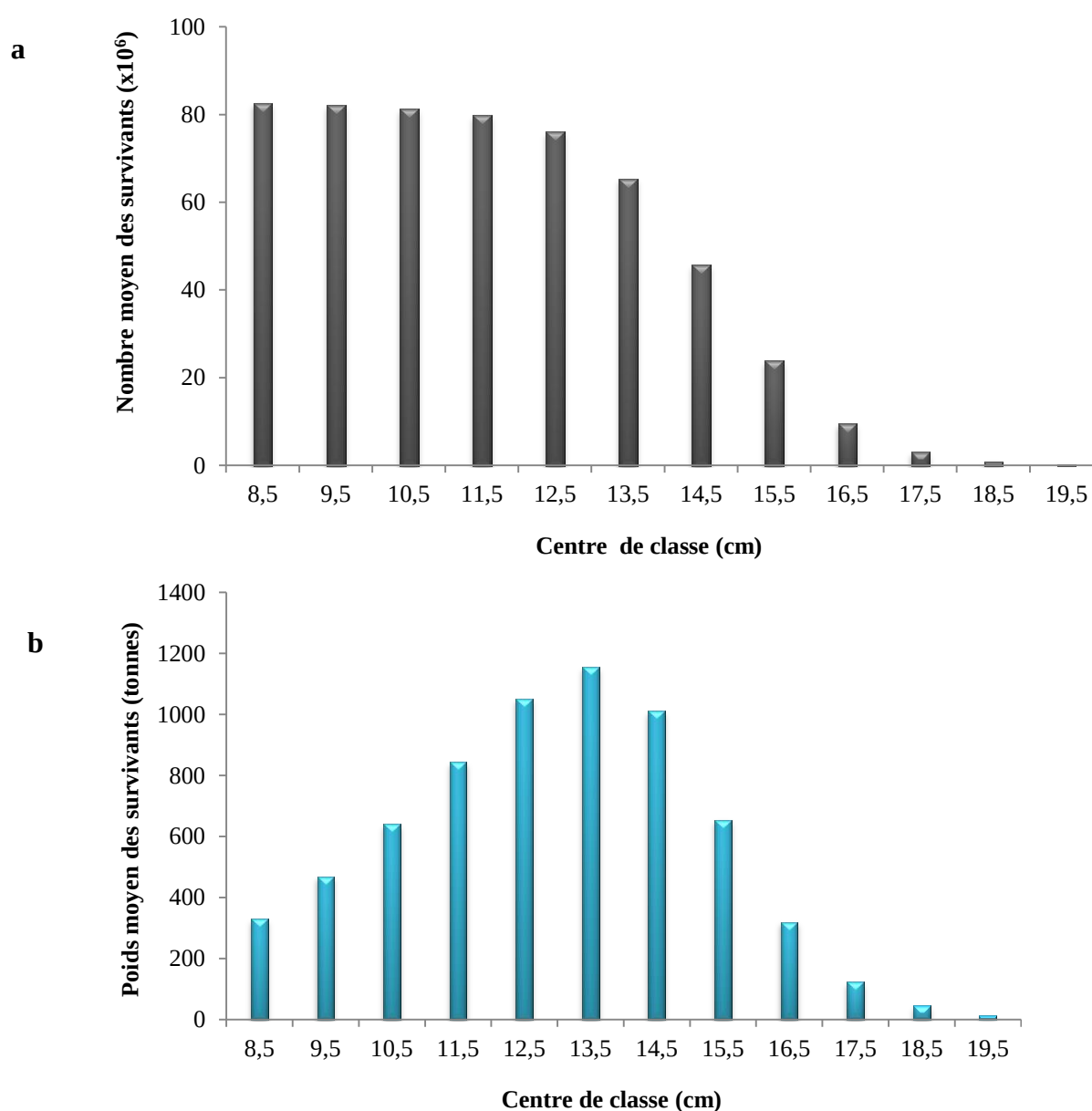


Figure 77: Variations du nombre moyen (a) et du poids moyen (b) des survivants en fonction de la taille chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

L'âge et la taille critiques du stock actuel de *S. pilchardus* s'élèvent, respectivement à **2.28 ans** et **13 cm**. Si le stock était vierge où la mortalité par pêche nulle ($F = 0$), ces 2 variables seraient de **3.38 ans** et **16 cm** (tab. 37).

Tableau 37: Différents types d'âges et de tailles obtenus par la VPA chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)		
Ages	Age moyen du stock actuel	1.94 an
	Age critique du stock actuel	2.28 an
	Age critique du stock vierge	3.38 an
Tailles	Taille moyenne du stock actuel	11.52 cm
	Taille critique du stock actuel	13 cm
	Taille critique du stock vierge	16 cm

- Les mortalités par pêche (F).

Pour les gammes de tailles comprises entre 8.5 et 11.5 cm, les mortalités par pêche (F) chez *S. pilchardus* sont proches de zéro. Cette tendance est étroitement liée à la faible capturabilité de cette gamme de taille représentée par de petites prises (tab. 38 et fig. 78).

Les mortalités (F) augmentent avec la taille jusqu'à atteindre 1.94 an^{-1} , correspondant au centre de classe de taille 15.5 cm.

Les classes comprises entre 14.5 à 17.5 cm subissent les plus fortes mortalités par pêche avec un maximum de 2.06 an^{-1} pour la classe 16.5 cm. Ce qui nous rassure sur l'état des jeunes recrues qui restent à l'abri de forte exploitation, car l'effort de pêche le plus important est exercé sur les gammes de tailles supérieures à la taille de 1^{ère} maturité sexuelles de 11.80 cm permettant ainsi au stock de bénéficier d'un bon renouvellement par recrutement (tab. 38 et fig. 78).

A partir de 17.5 cm les mortalités par pêche diminuent, ce constat est appuyé par les valeurs des captures en nombre et en poids moins importantes et les tailles supérieures restent peu exploitées (voir tab. 34 et figs. 75 et 78).

La valeur de la mortalité moyenne par pêche ($\bar{F}$) estimée à 1.26 an^{-1} , reste supérieure à la valeur globale de la mortalité par pêche (F^*) qui est 0.39 an^{-1} , du fait que cette dernière exprime la relation entre les captures totales annuelles et les nombres moyens annuels d'individus dans le stock (tab. 38).

Tableau 38: Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par VPA chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	F (an ⁻¹)
8.5	0.007
9.5	0.021
10.5	0.044
11.5	0.071
12.5	0.26
13.5	0.716
14.5	1.393
15.5	1.942
16.5	2.066
17.5	2.036
18.5	1.213
19.5	1.54
F moyen (F) an ⁻¹	1.26
F* global an ⁻¹	0.391

CC: Centre de classe de taille et F: mortalités par pêche.

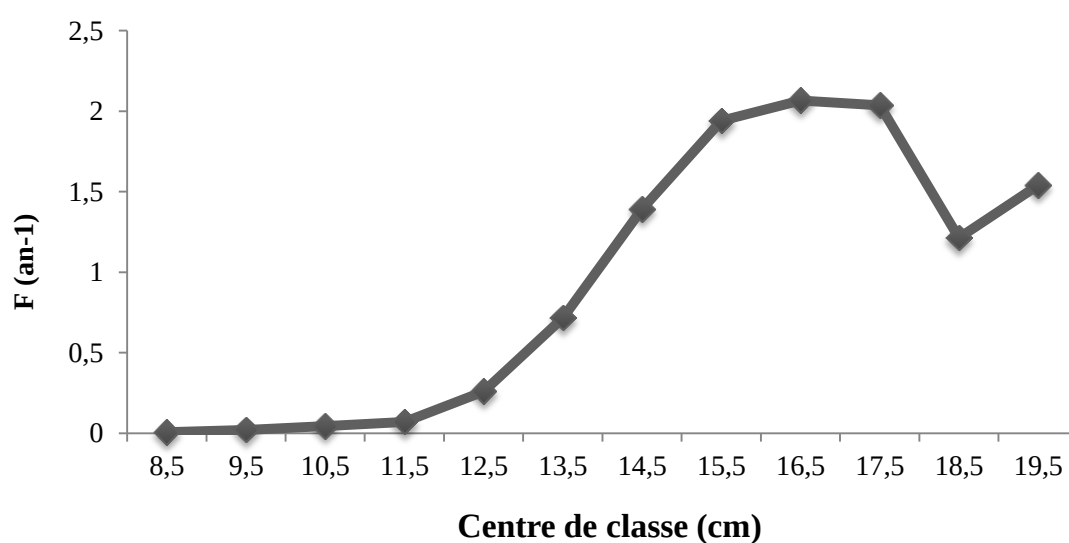


Figure 78: Variations des taux de mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenue par VPA chez *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

3.5.3.2. Analyse de la biomasse exploitable et des mortalités par pêche (F) chez *S. aurita*.

- Analyse de la biomasse exploitable.

La biomasse moyenne (B_{moy}) exploitable du stock des survivants (stock actuel) de *S. aurita* est de l'ordre de **2829.60 tonnes**. Ce stock est composé de 18 classes de tailles allant de 8.5 à 25.5 cm. La taille moyenne du stock est de **13.28 cm**, correspondant à un âge moyen de **1.70 ans**.

La moyenne annuelle totale de la Biomasse Féconde (BF) (stock reproducteur ou SSB (Spawning Stock Biomass)), obtenue grâce aux taux de maturité sexuelle introduits comme données de base dans la modélisation, est de **2093.80 tonnes** (tab. 39).

Tableau 39: Résultats de la biomasse exploitable obtenus par VPA de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	Stock actuel en nombre par VPA		Stock actuel en poids par VPA	
	Nombre initial	Nombre moyen d'individus	poids initial (g)	Poids moyen (g)
8.5	109818612	14337750.68	371475327.3	58873479.2
9.5	103923152	14327880.78	508485225.4	83303267.5
10.5	97924732.9	14281754.97	666595534.4	113552951
11.5	91570591.1	13994314.64	840331603.3	147812037
12.5	82712212.6	13474798.86	996996579.2	184765275
13.5	74061640.5	12901342.72	1147259858	225080555
14.5	65480090.9	11852835.9	1279512526	258298450
15.5	53255491.6	10541594.76	1291827152	283189935
16.5	43640068.3	9087146.64	1295887951	296569206
17.5	32682104.7	7031961.39	1173564438	275411786
18.5	21049522.2	4988881.63	904141238.1	232514975
19.5	13013744.3	3491674.99	662195247.3	191966705
20.5	7928795.18	2478177.49	473811077.4	159445992
21.5	4852844.68	1682297.55	337910438.1	125481989
22.5	2522872.71	1006790.22	203244136.5	86489804.5
23.5	1104543.53	610035.68	102284040.9	60195227.2
24.5	539809.33	335780.01	57120555.73	37570828.6
25.5	138230.72	72725.61	16623350.75	9069058.6
Total	-	136497744.51	-	B _{moy} = 2829591522.47
Age moyen du stock (an)	-	1.70	-	BF (SSB) = 2093779043.55
Taille moyenne du stock (cm)	-	13.28		

C.C. (cm): Centre de classe de taille, VPA: Analyse virtuelle de la population, B_{moy}: biomasse moyenne et BF (SSB): biomasse féconde.

L'effectif du stock des survivants (nombres) baisse (tab 39 et fig.79 a) depuis la première classe de taille de 8.5 cm, considérée comme la classe de taille des jeunes recrues; représentée par le nombre initial de la première classe de taille qui est de l'ordre de **110.10⁶ individus**. Ce processus de recrutement est généralement associé à une taille et à un âge de recrutement, ainsi la VPA nous renseigne sur la taille et l'âge moyens du stock actuel et qui sont de l'ordre de **13.28 cm** et **1.70 ans**.

L'évolution de la biomasse du stock actuel en poids, montre une tendance à l'augmentation du poids moyen avec la croissance des individus. Une fois arrivée à une taille d'environ 16.5 cm (tab. 39 et fig. 79 b), cette tendance s'inverse et les poids moyens des survivants diminuent chez les poissons de grandes tailles. De ce fait, le poids initial de la première classe de tailles 8.5 cm est de l'ordre de 371.47 tonnes c'est la biomasse des recrues avec une moyenne de 58.9 tonnes et un poids maximum virtuel estimé à 296.57 tonnes représenté par environ 9.10^6 d'individus.

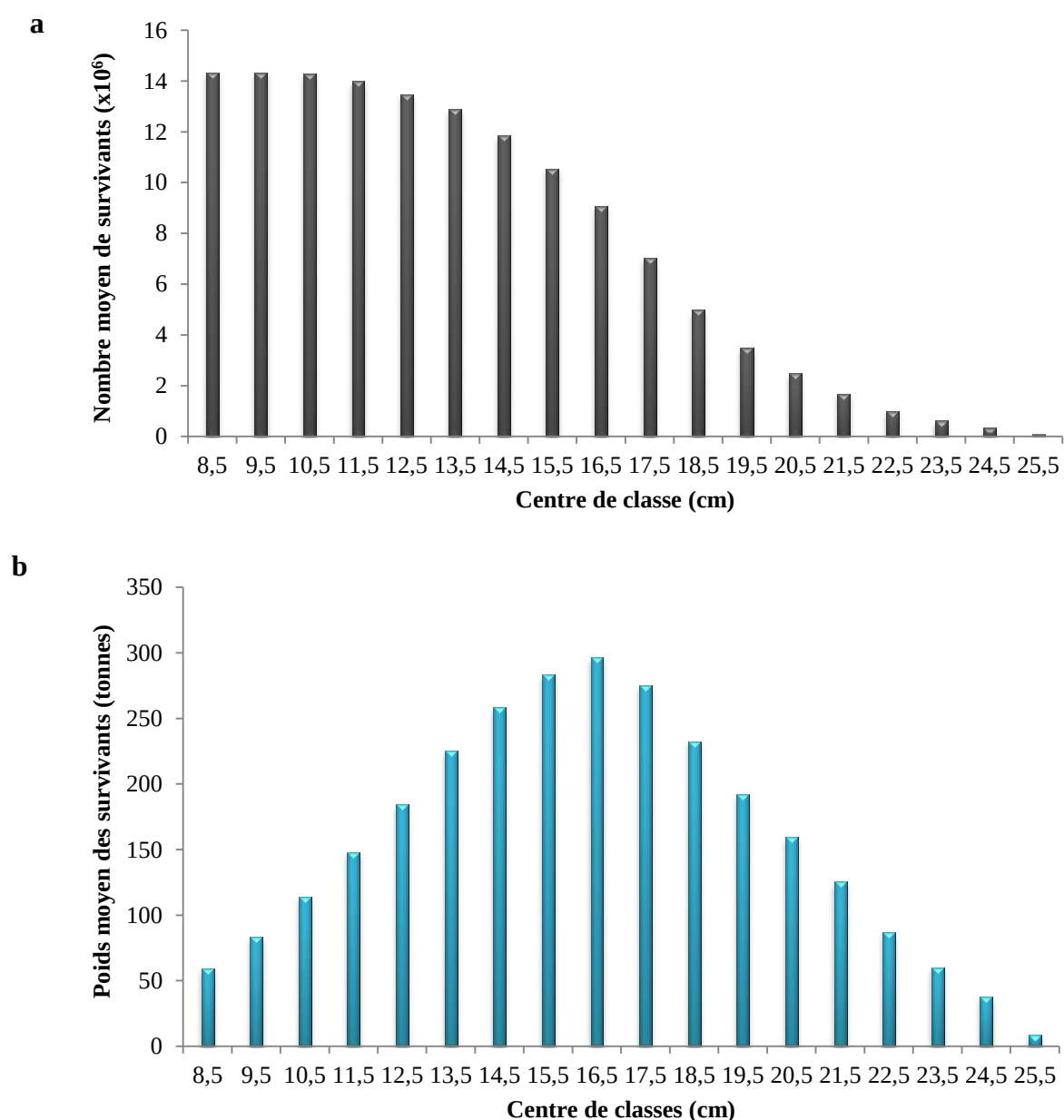


Figure 79: Variation du nombre moyen (a) et du poids moyen (b) des survivants en fonction de la taille chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

L'âge et la taille critiques du stock actuel de *S. aurita*, s'élèvent, respectivement à **2.15 ans** et **16 cm**. Si le stock était vierge où la mortalité par pêche nulle ($F = 0$), ces 2 variables seraient de **3.29 ans** et **20 cm** (tab. 40).

Tableau 40: Différents types d'âges et de tailles obtenus par la VPA de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)		
Ages	Age moyen du stock actuel	1.7 an
	Age critique du stock actuel	2.15 an
	Age critique du stock vierge	3.29 an
Tailles	Taille moyenne du stock actuel	13.28 cm
	Taille critique du stock actuel	16 cm
	Taille critique du stock vierge	20 cm

- Les mortalités par pêche (F).

La mortalité par pêche (F) chez *S. aurita* prélevée dans les eaux du littoral Est algérien entre novembre 2012 et octobre 2013 est peu significative chez les individus de tailles comprises entre 8.5 et 10.5 cm, ce qui met moins de pression sur leur captures. Cette tendance proche de zéro est suivie d'un accroissement de F caractérisée par un premier pic de 0.631 an^{-1} qui correspond à la classe 14.5 cm (fig. 80). Cette augmentation est probablement due aux importantes captures numériques notées pour cette classe de taille (voir histogramme des captures en nombre en fonction de la taille tab. 35 et fig. 76 a). La mortalité F diminue pour remonter progressivement jusqu'à atteindre un second pic de 1.254 an^{-1} qui correspond à la classe 17.5 cm (fig. 80), c'est la taille où l'ensemble des individus sont matures, et par conséquent plus vulnérables aux engins de pêche.

Ainsi, l'effort de pêche le plus important est exercé sur les classes supérieures à la taille de 1^{ère} maturité sexuelle qui est de 13.70 cm, permettant un renouvellement appréciable du stock par recrutement. Il est remarquable enfin, qu'au-delà de 17 cm, les individus sont peu exploités, ce qui reflète la faiblesse du poids des captures totales (voir histogramme des captures en poids d'individus en fonction de la taille figs. 76 b et 80).

La valeur de la mortalité moyenne par pêche ($\bar{F}$) estimée à 0.94 an^{-1} , est supérieure à la valeur globale de la mortalité par pêche (F^*) qui est 0.41 an^{-1} (tab. 41).

Tableau 41: Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par VPA de *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

CC (cm)	F (an ⁻¹)
8.5	0.011
9.5	0.019
10.5	0.045
11.5	0.233
12.5	0.242
13.5	0.265
14.5	0.631
15.5	0.512
16.5	0.806
17.5	1.254
18.5	1.211
19.5	1.056
20.5	0.841
21.5	0.985
22.5	1.009
23.5	0.526
24.5	0.796
25.5	1.47
F moyen (F) an ⁻¹	0.94
F* global an ⁻¹	0.41

CC: Centre de classe de taille et F: mortalités par pêche.

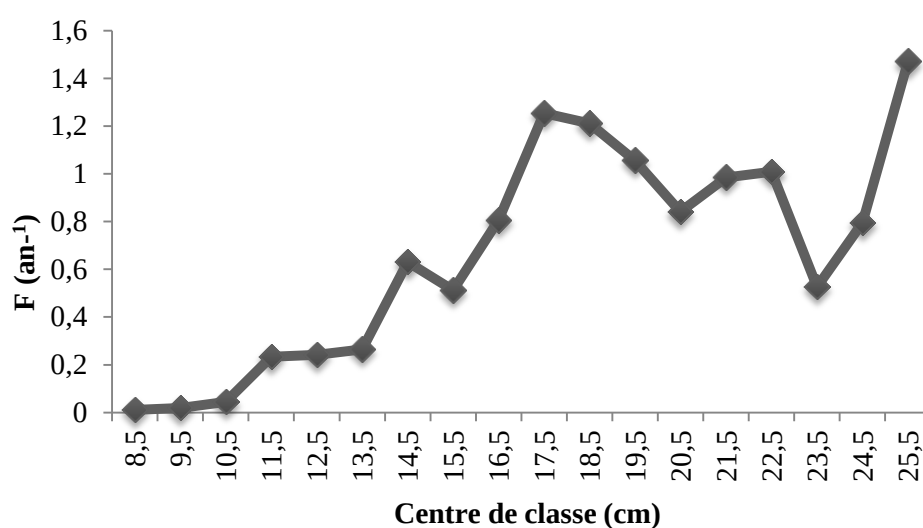


Figure 80: Variations des taux de mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenue par VPA chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien.

3.5.4. Biomasse totale équilibrée (D).

La biomasse totale équilibrée D (Balance de biomasse équilibrée durant 1 année) est une biomasse qui présente un équilibre entre «les gains» en poids, dus au recrutement et à la croissance et «les pertes» causées par les mortalités naturelle et par pêche.

3.5.4.1. Biomasse totale équilibrée (D) chez *S. pilchardus*.

La biomasse totale équilibrée (D) de la sardine du littoral Est algérien est estimée à 7561.72 tonnes. Elle est alimentée essentiellement par un régime de croissance (C) pondérale performant qui est de l'ordre de 6131.54 tonnes, soit 81.09 %, loin de l'apport en recrutement (R) qui ne représente que 1430.18 tonnes, soit 18.91 %. Le taux élevé en apport de croissance est une caractéristique des petits pélagiques de Méditerranée.

En revanche, les pertes sont causées en majeure partie par la mortalité par pêche (F) estimée à 4865.31 tonnes, ce qui représente 64.34 % devant ainsi la mortalité naturelle (M) qui est de 2696.41 tonnes soit 35.66 % (fig. 81). Ce stock est à son maximum d'exploitation selon les résultats de la VPA.

Le taux de renouvellement de *S. pilchardus* "turnover" ou rapport entre de la biomasse totale équilibrée et la biomasse moyenne (D/B_{moy}) est de 113.60% (fig. 81) confirmant l'existence d'un important renouvellement du stock dans les eaux du littoral Est algérien.

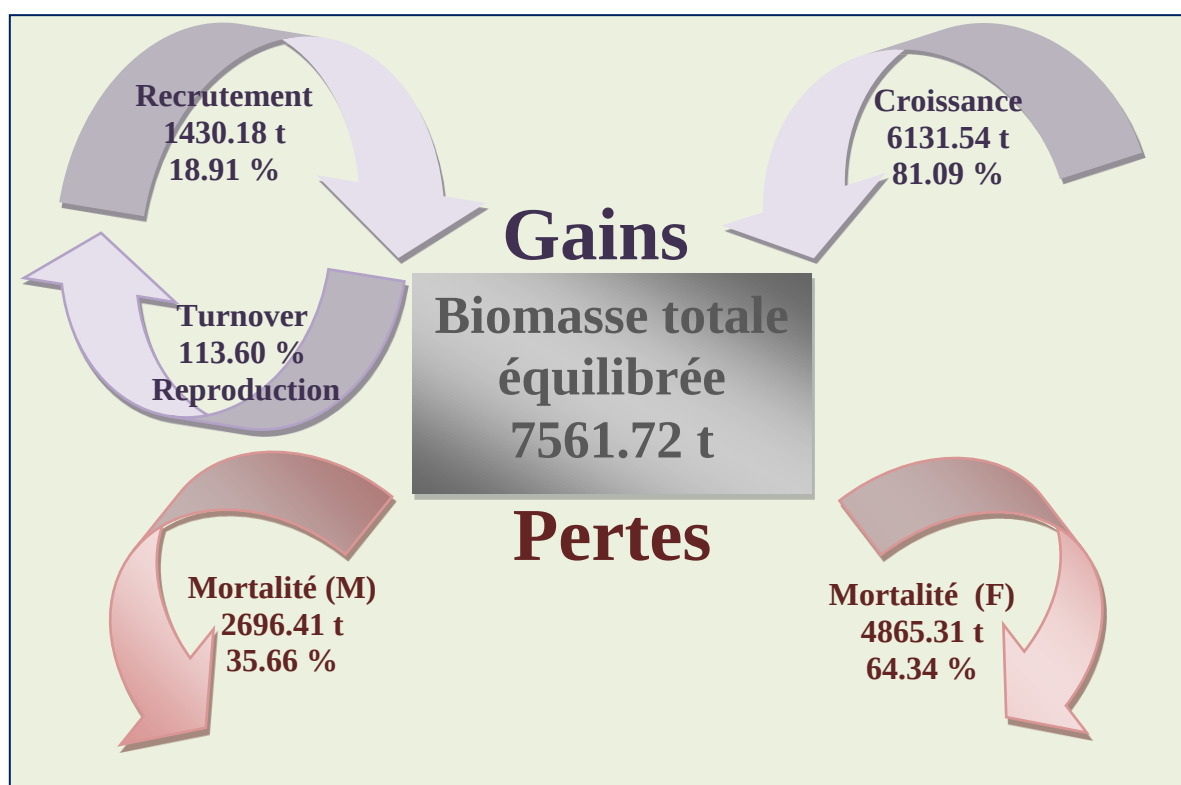


Figure 81: Diagramme des entrées et sorties de la biomasse totale équilibrée chez *S. pilchardus* de la région Est des côtes algériennes.

3.5.4.2. Biomasse totale équilibrée (D) chez *S. aurita*.

La biomasse totale équilibrée de la sardinelle du littoral Est algérien estimée par le logiciel VIT est de 3074.67 tonnes, elle est quasiment due à la croissance pondérale qui est de l'ordre de 2703.20 tonnes, soit 87.92%, devant le recrutement qui est de 371.47 tonnes, soit 12.08%.

Aussi, les pertes sont surtout causées par la mortalité par pêche estimée à 1942.84 tonnes, soit 63.19 % devançant la mortalité naturelle qui est de 1131.83 tonnes (36.81%) (fig. 82). Ce stock est à son maximum d'exploitation.

Le rapport entre de la biomasse totale équilibrée et la biomasse moyenne (D/B_{moy}) "turnover" chez *S. aurita* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien est de 108.66% appuyant ainsi l'important renouvellement du stock (fig. 82).

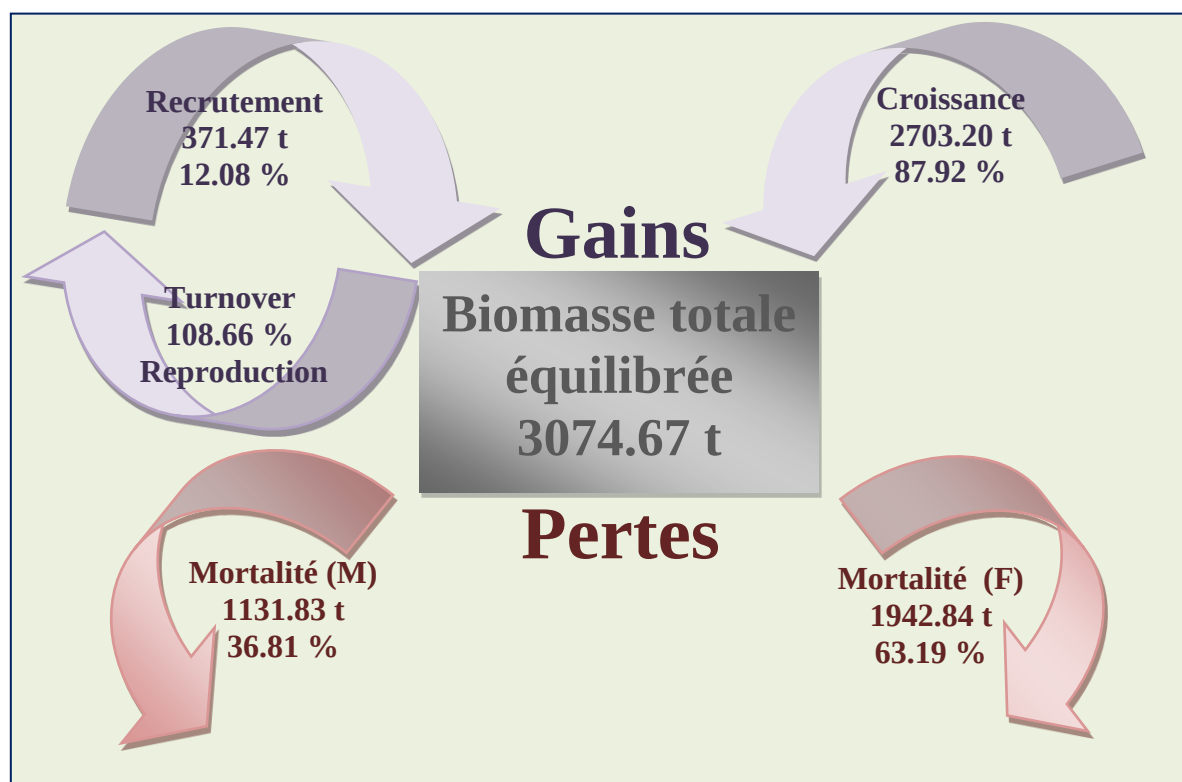


Figure 82: Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée chez *S. aurita* de la région Est des côtes algériennes.

3.5.5. Rendements et biomasses par recrue.

L'analyse par recrues définit le régime d'exploitation en donnant les rendements par recrue (Y/R) et les biomasses par recrue (B/R), correspondant aux différents efforts de pêche possibles, F_0 , F_{act} , $F_{0.1}$ et F_{max} ; qui définissent respectivement 4 scénarios d'exploitation: absence d'exploitation, exploitation actuelle, optimale et maximale.

3.5.5.1. Rendements et biomasses par recrue de *S. pilchardus*.

Le stock vierge (B_0), considéré comme un point de référence biologique (P.R.B.) qui, à long terme, représentera la valeur moyenne de la biomasse espérée en l'absence de mortalité par pêche (F) est estimé à 23207 tonnes (tab. 42).

L'évolution du rendement et de la biomasse par recrue en fonction de la mortalité par pêche (F), obtenu après analyse de la VPA, montre 4 types de régimes d'exploitation du stock de *S. pilchardus*:

- en l'**absence de pêche** ($F = 0$), on a une biomasse par recrue maximale (100%) correspondant à un stock à l'état vierge (B_v/R), de l'ordre de 52.93 g.
- l'**exploitation actuelle** ($F_{actuel} = 1 \text{ an}^{-1}$), la B_{actuel}/R exprimant la biomasse moyenne annuelle des survivants en fonction de la mortalité par pêche, diminue jusqu'à atteindre 15.18g représentant 28.68 % par rapport à l'état de non exploitation.
- à l'**effort de pêche préconisé dit optimal** où $F_{0.1}$, considérée comme valeur cible, la $B_{0.1}/R$ est de 25.44 g (48% de la B_v/R)
- enfin, à l'**effort de maximisation** F_{max} , la $B_{max}/R = 17.2$ (32.5% de la B_v/R) (tab. 42 et fig. 83).

Le rendement par recrue actuel; $Y_{actuel}/R = 11.09\text{g}$, il est inférieur au seuil de production maximale équilibrée; MSY ou $Y_{max}/R = 11.161\text{g}$ et la valeur de $Y_{0.1}/R$ correspondant à $F_{0.1}$ estimée à 0.35 an^{-1} , est de 10.24g ($< MSY$).

L'effort de pêche actuel; $F_{actuel} = 1 \text{ an}^{-1}$ est supérieur aussi bien à l'effort cible ou optimal ($F_{0.1} = 0.35 \text{ an}^{-1}$) qu'à l'effort maximum; $F_{MSY} = 0.77 \text{ an}^{-1}$ c'est la valeur de l'effort de maximisation du rendement par recrue. En termes de capture, c'est à ce seuil d'effort que le recrutement disponible est censé être maximum.

Nos résultats montrent que F_{MSY} est dépassé par l'effort actuel (F_{actuel}) ce qui place en **surexploitation** le stock de *S. pilchardus* pêchée dans les eaux du littoral Est algérien (tab. 42 et fig. 83).

Tableau 42: Rendements et biomasses par recrue en fonction de la mortalité par pêche (F) de *S. pilchardus* des eaux du littoral Est algérien.

Type de F	F (an^{-1})	Y/R (g)	B/R (g)
$F_{(0)}$	0	0	52.93
F_{actuel}	1	11.09	15.18
$F_{0.1}$	0.35	10.24	25.44
F_{MSY}	0.77	11.16	17.20
Biomasse vierge $B_0 = 23207$ tonnes			

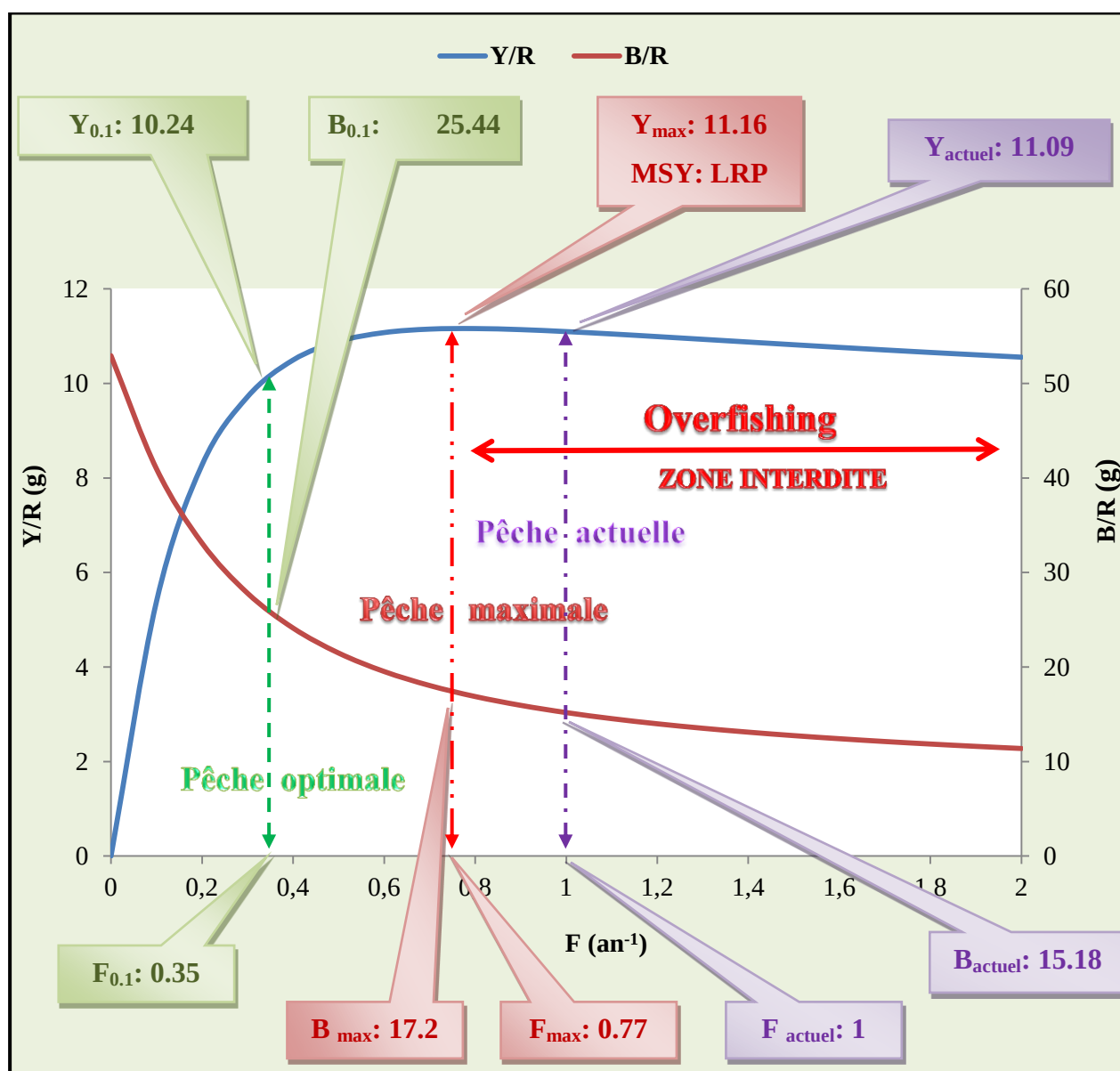


Figure 83: Représentation schématique de l'évolution du rendement et biomasse par recrue du stock exploitable chez *S. pilchardus* du littoral Est algérien. $Y_{0.1}$: rendement par recrue optimale correspondant à la mortalité par pêche ($F_{0.1}$), $B_{0.1}$ biomasse par recrue optimale correspondant à la mortalité par pêche ($F_{0.1}$), Y_{actuel} : rendement par recrue actuel correspondant à la mortalité par pêche actuelle (F_{actuel}), B_{actuel} : biomasse par recrue actuelle correspondant à la mortalité par pêche actuelle (F_{actuel}), MSY : production maximale équilibrée correspondant à la mortalité par pêche maximale (F_{max}), B_{max} : biomasse maximale équilibrée correspondant à la mortalité par pêche maximale (F_{max}), **LRP**: "Limit Reference Points", points limites de référence biologique, **Overfishing**: pêcherie en surexploitation.

3.5.5.2. Rendements et biomasses par recrue de *S. aurita*.

La biomasse du stock vierge (B_0) de la sardinelle des eaux du littoral Est algérien, a été estimée à 12618.62 tonnes (tab. 43). Les évolutions des rendements et des biomasses par recrue en fonction de la mortalité par pêche (F) montrent que 4 régimes d'exploitation du stock de *S. aurita* on a:

- en **l'absence de pêche** ($F = 0$), la biomasse par recrue est maximale (100%), elle correspondant à une B/R du stock à l'état vierge (B_v/R) de 114.9g.
- sous **exploitation actuelle** ($F_{\text{actuel}} = 1 \text{ an}^{-1}$), la B_{actuel}/R diminue jusqu'à atteindre 25.76g représentant 22.41% par rapport à l'état de non exploitation.
- à **l'effort de pêche préconisé dit optimal** où $F_{0.1}$, la $B_{0.1}/R$ est de 49.75g (43.3% de la B_v/R).
- enfin, à **l'effort de maximisation** F_{max} , la $B_{\text{max}}/R = 30.70\text{g}$ (26.71% de la B_v/R) (tab. 43 et fig. 84).

Le rendement par recrue actuel; $Y_{\text{actuel}}/R = 17.69\text{g}$ est inférieur au seuil de la production maximale équilibrée; MSY ou Y_{max}/R qui est de 17.83g et la valeur de $Y_{0.1}/R$ correspondant à $F_{0.1}$ estimé à 0.40 an^{-1} , elle est de 16.46 g ($< MSY$).

L'effort de pêche actuel; $F_{\text{actuel}} = 1 \text{ an}^{-1}$ est supérieur aussi bien à l'effort cible ou optimal ($F_{0.1} = 0.40 \text{ an}^{-1}$) qu'à l'effort maximum; $F_{\text{MSY}} = 0.80 \text{ an}^{-1}$. Ce résultat place l'exploitation actuelle du stock de *S. aurita* en **surexploitation** (tab. 43 et fig. 84).

Tableau 43: Rendements et biomasses par recrue en fonction de la mortalité par pêche (F) de *S. aurita* des eaux du littoral Est algérien.

Type de F	F (an^{-1})	Y/R (g)	B/R (g)
$F_{(0)}$	0	0	114.904
F_{actuel}	1	17.69	25.76
$F_{0.1}$	0.40	16.46	49.75
F_{MSY}	0.80	17.83	30.70
Biomasse vierge $B_0 = 12618.62$ tonnes			

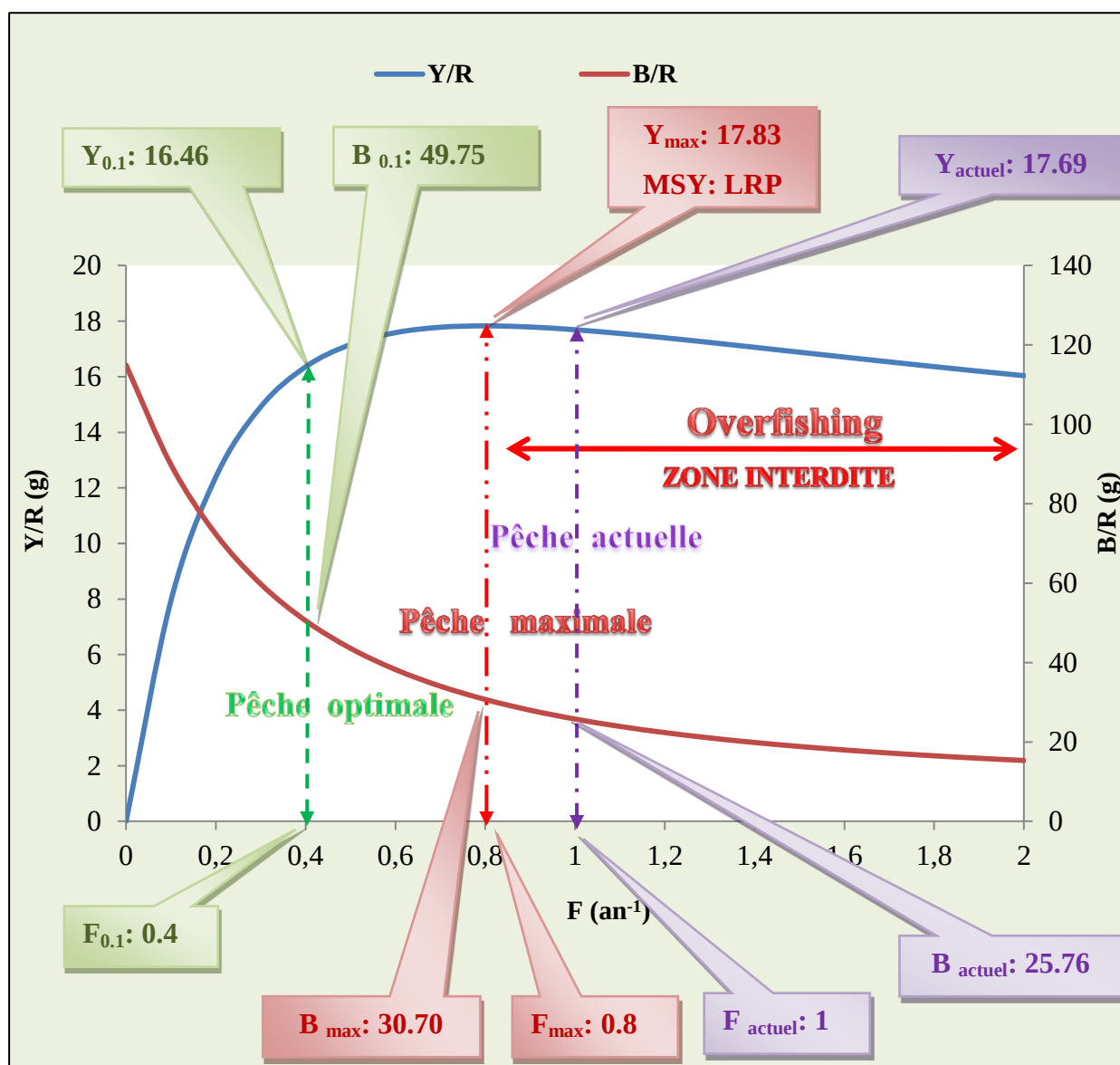


Figure 84: Représentation schématique de l'évolution du rendement et biomasse par recrue du stock exploitable chez *S. aurita* du littoral Est algérien. $Y_{0.1}$: rendement par recrue optimale correspondant à la mortalité par pêche ($F_{0.1}$), $B_{0.1}$ biomasse par recrue optimale correspondant à la mortalité par pêche ($F_{0.1}$), Y_{actuel} : rendement par recrue actuel correspondant à la mortalité par pêche actuelle (F_{actuel}), B_{actuel} : biomasse par recrue actuelle correspondant à la mortalité par pêche actuelle (F_{actuel}), **MSY**: production maximale équilibrée correspondant à la mortalité par pêche maximale (F_{max}), B_{max} : biomasse maximale équilibrée correspondant à la mortalité par pêche maximale (F_{max}), **LRP**: "Limit Reference Points", points limites de référence biologique, **Overfishing**: pêcherie en surexploitation.

Discussion

4. Discussion.

Chez la sardine, *Sardina pilchardus* et la sardinelle, *Sardinella aurita*, nous avons étudié la morphométrie en mesurant les caractères méristiques et métriques avant d'estimer les âges par 2 méthodes: l'otolithométrie et selon Bhattacharya (1967) et de déterminer les paramètres de croissance. La reproduction a été également abordée à travers l'estimation du sex-ratio, l'observation des différents stades gonadiques, le calcul du R.G.S et de l'indice de condition K. Enfin, nous avons évalué les mortalités totale, naturelle et par pêche avant d'apprécier par un logiciel spécifique l'état d'exploitation de la sardine et de la sardinelle.

Les caractères morphologiques jouent un rôle important dans l'étude de la structuration des stocks et leurs identifications, les mesures des caractères métriques et méristiques, nous ont permis de situer les sardines et sardinelles du littoral Est algérien par rapport à celles pêchées dans d'autres régions de la mer méditerranée et de l'atlantique. Pour cela nous avons abordé l'analyse des vertèbres, des branchiospines et des rayons des nageoires anales et dorsales.

Pour ce qui est du nombre de vertèbres (NVER) chez *S. pilchardus*, nos résultats montrent qu'il varie entre 49 et 54 avec une moyenne de 51.21 ± 1.16 .

Ce résultat est comparable à celui de Bouaziz qui trouve en 2014 dans le littoral Est et centre (Bejaia et Alger) 51.21 et à l'Ouest (Tenès) 51.23 alors qu'à Oran Bouchereau (1981) le situe à 51.29.

En revanche le nombre de vertèbres que nous avons trouvé reste légèrement faible par rapport à celui de Bedairia qui l'estime en 2011 à 51.39 dans le littoral Est algérien. Il en est de même pour Bouaziz (2014) à l'Est (Skikda) avec 51.55, Mouhoub (1986) au centre du littoral (Alger) avec 51.45, Kartas (1981) en Tunisie avec 51.57 ou encore pour Lee (1959) dans le Golfe du Lion (Sète) avec 51.64.

Il est plus élevé que ceux obtenus par Bouhali (2016) dans la même zone avec 50.95, Bouaziz (2014) à l'Ouest du littoral algérien (Arzew) avec 50.70, Mustac (2010) en Croatie (Zadar) avec 50.02 et Krzeptowski (1975) en Espagne avec 50.67. Ce constat est également rencontré en Atlantique où Bravo de laguna *et al.* (1975) trouvent en Afrique de l'Ouest un NVER de 50.65 ou encore Bélveze et Rami (1978) au Maroc avec 50.86 (tab. 44).

Tableau 44: Comparaison des moyennes vertébrales chez *S. pilchardus* dans différentes régions.

Caractères	Régions	Valeurs moyennes	Auteurs
Nombre de Vertèbres	Méditerranée		
	Croatie (Zadar)	50.02	Mustac (2010)
	Espagne	50.67	Krzeptowski (1975)
	Golfe du Lion (Sète)	51.64	Lee (1959)
	Tunisie	51.57	Kartas (1981)
	Algérie (Oran)	51.29	Bouchereau (1981)
	Algérie (Ténès)	51.23	Bouaziz (2014)
	Algérie (Arzew)	50.70	Bouaziz (2014)
	Algérie (Alger)	51.45	Mouhoub (1986)
	Algérie (Alger)	51.18	Bouaziz (2014)
	Algérie (Centre)	51.21	Bouaziz (2014)
	Algérie (Bejaia)	51.21	Bouaziz (2014)
	Algérie (Skikda)	51.55	Bouaziz (2014)
	Algérie (Est)	51.39	Bedairia (2011)
	Algérie (Est)	50.95	Bouhali (2016)
	Algérie (Est)	51.21	Présente étude
	Atlantique		
	Maroc	50.86	Bélveze et Rami (1978)
	Ouest Africain	50.65	Bravo de laguna <i>et al.</i> (1975)

Chez *S. aurita*, le nombre de vertèbres varie entre 44 et 49 avec une moyenne de 47.51 ± 1.25 , il est proche de celui suggéré par Bouaziz (2007) obtenu à Alger avec 47.46 et de Ben-Tuvia (1958) en Palestine avec 47.46. Notre résultat reste moins élevé que celui de Belifa *et al.* (1984) à l'Ouest du littoral algérien (Oran) avec 48.04, de Quignard et Kartas (1976) en Libye et en Tunisie avec respectivement 47.97 et 48.10, de Maurin et Lee (1960) dans le Golfe du Lion avec 48.11 et de Fage (1920) à Almeria (Espagne) avec 48.23. Alors qu'il est plus élevé de celui de Bouaziz (2007) à l'Ouest du littoral algérien avec 47.13 (tab. 45).

Tableau 45: Comparaison des moyennes vertébrales chez *S. aurita* dans différentes régions.

Caractères	Régions	Valeurs moyennes	Auteurs
Nombre de Vertèbres	Méditerranée		
	Golfe du Lion	48.11	Maurin et Lee (1960)
	Almeria (Espagne)	48.23	Fage (1920)
	Baléares (Espagne)	47.88	Oliver et Navarro (1952)
	Mer Egée (Grèce)	48.28	Ananiades (1952)
	Palestine	47.46	Ben-Tuvia (1958)
	Alexandrie (Egypte)	47.53	Botros <i>et al.</i> (1970)
	Libye	47.97	Quignard et Kartas (1976)
	Tunisie (Tunis)	48.10	Quignard et Kartas (1976)
	Algérie (Bou-Ismaïl)	47.99	Dieuzeide et Roland (1957)
	Algérie (Oran)	48.04	Belifa <i>et al.</i> (1984)
	Algérie (Oran)	48.22	Fage (1920)
	Algérie (Ouest)	47.13	Bouaziz (2007)
	Algérie (Centre)	47.46	Bouaziz (2007)
	Algérie (Est)	47.62	Bouaziz (2007)
	Algérie (Est)	47.51	Présente étude
	Atlantique		
	Angola	47.44	Monteiro (1956)
	Cap Vert (Sénégal)	47.55	Boely et Champagnat (1970)

L'analyse de nos résultats, montre que la variation de la moyenne vertébrale, dans différentes aires de la Méditerranée et Atlantique est aléatoire (voir détail en annexes 12 et 13). Selon Rossignol (1959), le nombre de vertèbre, peut être différent chez 2 individus d'une même espèce mais reste constant, chez un même individu durant toute la durée de son existence.

La variation de la moyenne vertébrale, qui n'excède guère une vertèbre, est due sans doute, au fait qu'il s'agit certainement d'individus éclos à des années très différentes au point de vue hydrologique. En effet, la composition vertébrale est affectée par les conditions de température auxquelles sont soumis les œufs au cours des premiers stades de développement embryonnaire (Monteiro, 1956). A cet égard, Blaxter (1958) réussit à modifier expérimentalement la moyenne vertébrale chez le hareng en faisant varier la température de l'eau pendant les premiers jours du développement larvaires, il estime que les œufs se développant dans des eaux à température moyenne donnent naissance à des larves ayant un nombre vertébral relativement faible alors que ceux qui se développent dans des eaux à températures extrêmes, hautes ou basses, donnent naissance à des larves à moyenne vertébrale élevée.

En 1963, Ben Tuvia observe que la moyenne vertébrale des cohortes successives de *S. aurita* immatures pêchées en Palestine passait de 47.905 en juin à 47.433 en octobre. La corrélation entre la moyenne vertébrale et la température de surface est excellente: une différence de 10°C, entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud, entraîne une différence de 0.472 dans la moyenne vertébrale. Les mêmes observations sont confirmées par Gheno et Poinsard (1968) pour *S. aurita* des eaux congolaises et Kartas (1981) pour la *S. pilchardus* et pour les clupéidés en général peuplant les eaux des côtes allant de Tanger au Maroc à Sfax en Tunisie.

Ces théories reposent sur des expériences où seul le facteur température a été retenu et rien ne permet de dire que d'autres paramètres n'ont pas un rôle à jouer dans la détermination des caractères méristiques des espèces. Quoi qu'il en soit, le nombre vertébral sera toujours très précieux, car c'est un révélateur qui donne une traduction rapide et valable de différences biologiques profondes. Il a servi de point d'appui à la systématique et permis aux scientifiques de diviser les espèces, en variétés et races locales dans des conditions d'habitat bien définies.

Le long des côtes algériennes, les conditions hydrologiques sont particulières, elles se manifestent par l'existence d'un gradient de température décroissant Ouest - Est (fig. 85), qui pourrait être à l'origine de l'augmentation graduelle de la moyenne du nombre vertébral.

Nos résultats appuient ces constatations, on peut dire que **la sardine**, *Sardina pilchardus* et **la sardinelle**, *Sardinella aurita* des côtes algériennes semblent être comme le signale Bouaziz (2007) et Bouaziz *et al.* (2014), représentées par **3 stocks**:

○ **La sardine:**

- **Stock 1:** de la frontière algéro-marocaine jusqu'à Arzew;
- **Stock 2:** de Ténès à Bejaia (région centrale) et
- **Stock 3:** se dirige vers l'Est depuis Jijel (fig. 85).

○ **La sardinelle:**

- **Stock 1:** compris entre Ghazaouet et Cap Ténès;
- **Stock 2:** de Cap Ténès jusqu'à Jijel à l'Est et
- **Stock 3:** se prolonge jusqu'à El-Kala (fig. 85).

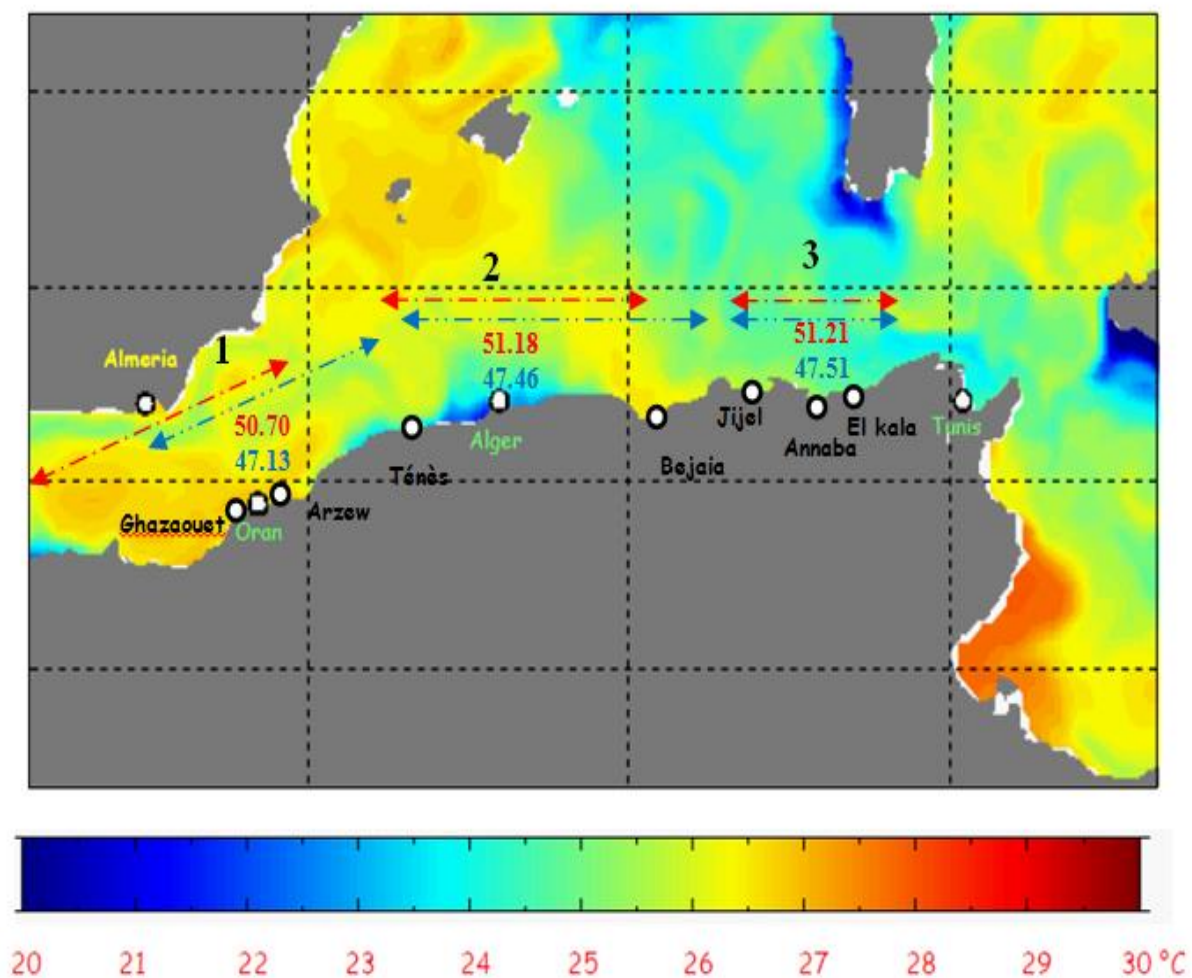


Figure 85: Image satellitaire prise en infrarouges par le satellite Mercator, montrant la distribution superficielle des températures moyennes des eaux le long du littoral Algérien sur laquelle nous avons rapporté les nombres de vertèbres caractérisant les 3 aires de stocks (1, 2 et 3) chez *S. pilchardus* en rouge et chez *S. aurita* en bleu.

Concernant les branchiospines chez *S. pilchardus*, leur nombre sur le 1^{er} arc branchial gauche, varie entre 59 et 67 avec une moyenne de 63.10 ± 1.66 . Nos résultats se situent dans une fourchette comparable à celles signalées par de nombreux auteurs. Nous citerons Lee (1961) dans le Golfe du Lion qui place le nombre de branchiospines entre 53 et 67 ou encore Furnestin (1950) au Maroc entre 65 et 89. La moyenne est semblable à celle préconisée par Andreu (1953) en Espagne qui la situe à 64.7, elle reste cependant inférieure à celle signalée par Bouhali (2016) qui a travaillé sur la même zone d'étude et trouve 85.92 et Andreu (1953) à Vigo en Espagne qui la situe à 71.3 (tab. 46).

Tableau 46: Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de branchiospines chez *S. pilchardus* dans différentes régions.

Caractères	Régions	Intervalles et moyennes	Auteurs
Branchiospines	Méditerranée		
	Maroc	65 à 89	Furnestin (1950)
	Golfe du Lion (Sète)	53 à 67	Lee (1961b)
	Espagne (Estepona)	64.7	Andreu (1953)
	Algérie (Est)	85.92	Bouhali (2016)
	Algérie (Est)	63.10	Présente étude
	Atlantique		
	Vigo (Atlantique)	71,3	Andreu (1953)

Chez *S. aurita*, le nombre de branchiospines sur le 1^{er} arc branchial gauche varie entre 175 et 183 avec une moyenne de 178.5 ± 1.58 . Ce résultat est conforme avec ceux de Coude (1999) en France (Marseille) qui situe l'intervalle des branchiospines entre 130 et 230 ou encore ceux de Rossignol (1955) au Congo (Pointe noire) où ce chiffre varie entre 150 et 280, de Monteiro (1956) en Angola (169 à 427), de Boely et Champagnat (1966) au Sénégal (Dakar) (112 à 266) et de Melanie *et al.* (2007) en Guinée (130 à 248) alors qu'à Oran, Belifa *et al.* (1984) trouvent un intervalle inférieur au notre, il est compris entre 105 et 160 branchiospines (tab. 47).

Tableau 47: Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de branchiospines chez *S. aurita* dans différentes régions.

Caractères	Régions	Intervalles et moyennes	Auteurs
Branchiospines	Méditerranée		
	France (Marseille)	130 à 230	Coude (1999)
	Algérie (Oran)	105 à 160	Belifa <i>et al.</i> (1984)
	Algérie (Est)	178.5	Présente étude
	Atlantique		
	Angola	169 à 427	Monteiro (1956)
	Congo (Pointe noire)	150 à 280	Rossignol (1955)
	Sénégal (Dakar)	112 à 266	Boely et Champagnat (1966)
	Guinée	130 à 248	Melanie <i>et al.</i> (2007)

Le nombre de branchiospines a longtemps été considéré comme un caractère spécifique. En 1916, Regan a été le premier à mettre l'accent sur l'importance du

dénombrement des branchiospines dans la détermination des sardines européennes. Il s'est basé sur ce caractère pour différencier en 2 sous-espèces distinctes les sardines atlantiques et méditerranéennes et en 1917, il avait réussi à différencier *Sardinella cameronensis* de *Sardinella maderensis*.

Andreu (1969), travaillant sur *Sardina pilchardus*, a montré que, pour des sujets de même taille, le nombre de branchiospines pouvait différer notablement d'une région à l'autre et qu'il paraissait d'autant plus grand que la productivité primaire du milieu était plus élevée; aux écosystèmes jeunes, riches en phytoplancton, correspondent des populations de sardines à nombre élevé de branchiospines ce qui serait favorable à un régime phytoplanctonophage. Les travaux de Ghéon et Fontana (1981), réalisés sur les stocks de sardinelles *S. maderensis* des côtes Ouest africaines, ont montré qu'il y avait une corrélation positive entre la richesse des eaux et le nombre de branchiospines. Ces données publiées sur les sardinelles confirment ainsi dans l'ensemble et de manière très satisfaisante les hypothèses émises par Andreu en 1969 sur *S. pilchardus*.

Selon nos résultats et ceux enregistrés dans d'autres régions, on peut dire que si le nombre de vertèbres est constant chez le même individu, le nombre des branchiospines, s'accroît d'une manière très nette avec la taille et l'âge du poisson et les valeurs les plus basses sont enregistrées en Méditerranée et les plus élevées en Atlantique, ceci étant en rapport avec la productivité des milieux. Les comparaisons pour la structuration des stocks, ne peuvent donc se faire qu'entre spécimens de même taille ou à la rigueur sur l'ensemble d'une population pour laquelle le plus grand nombre de tailles est représenté.

Concernant le nombre de rayons des nageoires, nous l'avons estimé sous binoculaire sur les dorsales (NRD) et sur les anales (NRA). Chez *S. pilchardus* les nageoires dorsales (NRD) portent entre 13 et 20 rayons. Ce résultat est comparable à celui de Coude (1999) qui situe cet intervalle entre 14 et 20 chez la sardine pêchée en France (Marseille). En revanche, la moyenne du nombre de rayons de la nageoire dorsale (NRD) qui est de 15.81 ± 0.98 diffère de celles obtenues aussi bien en Croatie (Zedar) (Mustac, 2010) que dans la même zone d'étude (Bouhali, 2016), ces derniers trouvent respectivement 18.11 et 17.57.

Quant au nombre de rayons de la nageoire anale (NRA), il varie entre 16 et 19 avec une moyenne de 17.45 ± 0.93 . Ces résultats sont conformes avec ceux de Coude (1999) qui limite cet écart entre 11 et 21 rayons. C'est dans cette fourchette que se trouve la moyenne suggérée par Bouhali (2016) qui a travaillé dans la même zone d'étude que nous, elle est de 17.53 (tab. 48).

Tableau 48: Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de rayons des nageoires dorsales et anales chez *S. pilchardus* dans différentes régions de la Méditerranée.

Caractères	Régions	Intervalles et moyennes	Auteurs
Nombre de rayons dorsales	Croatie (Zadar)	18.11	Mustac (2010)
	France (Marseille)	14 à 20	Coude (1999)
	Algérie (Est)	17,57	Bouhali (2016)
	Algérie (Est)	15.81	Présente étude
Nombre de rayons anales	France (Marseille)	11 à 21	Coude (1999)
	Algérie (Est)	17,53	Bouhali (2016)
	Algérie (Est)	17.45	Présente étude

Chez *S. aurita*, nos résultats montrent que le nombre de rayons de la nageoire dorsale **NRD** moyen est de 16.46 ± 1.32 ce dernier est proche de celui trouvé par Ananiades (1951) dans la mer Egée (Grèce) avec 16.70. En revanche, cette moyenne est plus faible que celles signalées par Monteiro (1956) en Angola où elle atteint 18.23 rayons et de Navarro (1932) réalisés aux Baléares (Espagne) et aux Iles Canaries avec respectivement 17.98 et 18.37 rayons. Le NRD varie entre 16 et 18 rayons, intervalle comparable à ceux rencontrés par Coude (1999) en France (Marseille) avec 10 à 20 ou encore Melanie et *al.* (2007) en Guinée (Atlantique) avec 17 à 18 rayons.

Le nombre de rayons de la nageoire anale **NRA** varie entre 15 et 17, il est conforme aussi bien aux résultats de Coude (1999) en France (Marseille) qui le limite entre 16 et 18 qu'à ceux de Melanie et *al.* (2007) en Guinée (Atlantique) où il est situé entre 17 et 21 rayons. Alors que la moyenne des NRA qui est de 16.88 ± 1.25 , est proche de celles mentionnées par Navarro (1932) aux Baléares (Espagne) et aux Iles Canaries avec respectivement 16.49 et 17 et par Ananiades (1951) dans la mer Egée (Grèce) avec 17.09; elle reste supérieure à celle estimée par Monteiro (1956) en Angola qui atteint 15.97 rayons (tab. 49).

Tableau 49: Comparaison des intervalles et moyennes du nombre de rayons des nageoires dorsales et anales chez *S. aurita* dans différentes régions.

Caractères	Régions	Intervalles et moyennes	Auteurs
Nombre de rayons des nageoires dorsales	France (Marseille)	10 à 20	Coude (1999)
	Mer Egée (Grèce)	16.70	Ananiades (1951)
	Baléares (Espagne)	17.98	Navarro (1932)
	Algérie (Est)	16.46	Présente étude
	Iles Canaries	18.37	Navarro (1932)
	Angola	18.23	Monteiro (1956)
	Guinée	17 à 18	Melanie et <i>al.</i> (2007)
Nombre de rayons des nageoires anales	France (Marseille)	16 à 18	Coude (1999)
	Mer Egée (Grèce)	17.09	Ananiades (1951)
	Baléares (Espagne)	16.49	Navarro (1932)
	Algérie (Est)	16.88	Présente étude
	Iles Canaries	17.00	Navarro (1932)
	Angola	15.97	Monteiro (1956)
	Guinée	17 à 21	Melanie et <i>al.</i> (2007)

Peu de travaux ont été consacrés à l'étude des nombres de rayons portés par les nageoires dorsales et anales. Les 1^{ères} ont été consacrées à la sardinelle *S. aurita* dès 1932 par Navarro dans les mers des Baléares et aux Canaries, ces dernières étaient seulement de manières systématiques, elles sont suivies en 1951 par les travaux d'Ananiades en mer Egée et en 1956 par ceux de Monteiro en Angola. Le regroupement et l'analyse de l'ensemble des données par Monteiro (1956), puis par Postel (1959); ont permis de conclure que le caractère «nombre de rayons portés par les nageoires» ne permettait pas de distinguer les sous- espèces.

Les nombres des branchiospines et ceux des rayons des nageoires dorsale et anale, présentent peu d'intérêt dans la discrimination entre les stocks exploitables **On peut donc dire que le nombre de vertèbres est le seul caractère méristique valable** pour l'étude de la structuration des stocks de *Sardina pilchardus* et de *Sardinella aurita* des côtes algériennes.

Les paramètres métriques ont été mesurés chez les mâles, les femelles et chez la population totale, cette dernière est la seule retenue, comme dans la grande majorité des études biométriques pour discuter nos résultats.

Chez *Sardina pilchardus*, l'ensemble des **paramètres métriques sont très hautement corrélés** avec la taille totale (Lt) ou avec la longueur céphalique (Lc) du poisson, ils présentent des coefficients de corrélation très proches de 1. Sept caractères métriques sur les 14 retenus (Ls, Lf, LPa, LPp, Lpp, LPo, Lpo, Do, Lm, LPd, Lc, Hc, Hpc et Ec) croient au même rythme, nous sommes en présence d'une allométrie de croissance isométrique. Cinq présentent une croissance accélérée, leur allométrie de croissance est donc majorante à l'exception de la longueur céphalique et du diamètre orbitaire qui présentent une croissance ralentie par rapport à la taille (allométrie minorante).

Le mode de croissance des différentes parties du corps de la sardine est comparable à celui retrouvé par Bouhali (2016) qui avait travaillé dans la même zone d'étude entre juillet 2010 et juin 2011 et dont la majorité des caractères mesurés présentait également une isométrie de croissance.

Chez *S. aurita*, on rencontre le même type de corrélation que chez *S. pilchardus*. En effet, les 14 paramètres mesurés montrent une **corrélation très hautement significative** avec la taille (Lt) ou avec la longueur de la tête (Lc) du poisson. Huit caractères examinés sur les 14 retenus croient plus rapidement que la longueur totale, tandis que le reste: Lf/Lt, LPo/Lc, LPp/Lt et Lpp/Lt, croit au même rythme ou au ralentie surtout la longueur du maxillaire supérieur et le diamètre orbitaire.

La sardinelle capturée entre novembre 2012 et octobre 2013 présente principalement un mode de croissance majorante, différent de ceux décrit par Hamida en 2004 et Boubakeur en 2011 qui ont également travaillé sur les sardinelles du Golfe d'Annaba. Alors que Hamida (2004) trouve une isométrie de croissance chez la majorité des caractères mesurés, Boubakeur (2011) signale la présence d'une croissance minorante.

Les différences de types de croissance rencontrés aussi bien chez *S. pilchardus* que chez *S. aurita* ne peuvent être attribuées à la zone d'étude car Hamida en 2004 et Boubakeur en 2011 ont travaillé sur la même région. Ce constat n'est pas partagé par Kartas, (1981) qui suggère que les différences liées à la morphologie diffèrent selon la région. Nos résultats montrent cependant que la croissance morphologique est tributaire comme le signale Kartas en 1981, du climat et ses changements et varie d'une année à l'autre. Ainsi **au cours du développement d'un organisme, les diverses parties du corps peuvent croître comme le montre** Panfili *et al.* (2002) **à des vitesses différentes.**

Pour ce qui est du ralentissement puis de l'arrêt de la croissance du diamètre orbitaire de l'œil, il s'agit d'un phénomène connu et rencontré chez tous les Téléostéens qui peut néanmoins varier sensiblement selon la taille, le sexe et la provenance Dwivedi (1964).

Pour estimer l'âge, les halieutes (In Bouaziz, 2007) conseillent, avant d'entamer une étude de l'âge par otolithométrie, de tester d'abord la dépendance entre la longueur du poisson, le poids et les différentes longueurs de l'otolithe. La morphologie de l'otolithe (otolithométrie) a été utilisée avec succès pour distinguer des populations ou des stocks (Levi *et al.*, 1994; Tracey *et al.*, 2006). Nous avons préalablement recherché la similitude morphométrique des paires de *sagittae* chez *S. pilchardus* et chez *S. aurita* que nous avons confirmé par un test d'homogénéité, cette similitude est notée chez de nombreux Téléostéens (Nolf, 1985; Campana, 1992; Lombarte, 1992; Arellano *et al.*, 1995; Aguirre et Lombarte, 1999; Slatni, 2002).

L'otolithométrie révèle que les paramètres métriques mesurés sur l'otolithe droit (Lo, Io et, So) présentent un ralentissement de croissance (allométrie minorante) par rapport à la taille totale et au poids total du poisson. La croissance lente de l'otolithe comparé à la longueur totale, est plus liée au métabolisme individuel qu'à la croissance somatique (Mosegaard *et al.*, 1988; Wright, 1991; Yamamoto *et al.*, 1998). Les otolithes continuent leur accréation même quand la croissance somatique cesse naturellement (Brothers, 1981; Wright *et al.*, 1990; Mugiya & Tanaka, 1992) ou quand elle a été artificiellement ralentie (Mosegaard *et*

al., 1988). En effet, comme le préconise Loubens, (1978), l'otolithe jeune est relativement plat, il s'accroît d'abord dans les 3 dimensions, peu à peu, les croissances en longueur et en largeur ralentissent jusqu'à s'arrêter complètement, tandis que la croissance en épaisseur se poursuit au cours du développement ontogénétique du poisson.

Il semble que les individus ayant une croissance somatique plus rapide présentent comme le signalent Reznick *et al.* (1989), Secor et Dean (1989) ou encore Baumann *et al.* (2005), des otolithes de taille relativement plus petite que les individus à croissance somatique lente ou nulle. La taille relative des otolithes paraît dépendre de la température et les changements ontogéniques peuvent également influencer sur la relation taille de l'otolithe - taille de l'individu. Ces 2 constats ont été signalés par de nombreux auteurs nous citerons, Mosegaard *et al.*, 1988; Otterlei *et al.*, 2002 et Wright *et al.*, 1990.

Toute étude de détermination de l'âge basée sur le comptage des microzonations ou des anneaux doit inclure comme le suggère Baillon (1992), une procédure de validation de la chronologie de la formation de ces structures. Parmi les 3 types de validation: directe, semi directe et indirecte; présentés en premier par Casselman en 1987 et amélioré en 1996, **les validations qualitatives semi-directes** sont les plus utilisées.

En observant les otolithes de *S. pilchardus* et de *S. aurita*, on remarque un cycle annuel de formation des zones opaques et hyalines; en effet, le dépôt de la zone hyaline débute en automne chez la **sardine** et en hiver chez la **sardinelle**. Une croissance rapide se traduit par la formation d'une zone opaque et le ralentissement de celle-ci entraîne l'apparition d'une bande translucide. Cette observation est identique à celles rencontrées par Hickling, 1933; Saetersdal, 1953; Kimura et Sakagawa, 1972; Westhrein, 1972; Liew, 1974; Manooch et Huntsman, 1977; Fisher et Pearcy, 1983; Sainsbury et Whitelaw, 1984; Brothers et Mathews, 1987; North, 1988; Amenzoui, 2010 et Mahé *et al.*, 2013). Elle appuie nos résultats et confirme ainsi une meilleure croissance des 2 espèces en période estivale où la température de la zone d'étude varie entre 19.2 et 27.66°C et un ralentissement en période automnale et hivernale où la température de l'eau varie entre 12.66 et 20.83°C (Kadri, 2015).

Chez la sardine la formation de la zone hyaline coïncide avec la période de ponte. Cependant, la reproduction n'est pas le seul facteur responsable de la formation de cette zone puisque cette dernière a été observée non seulement chez les individus matures et immatures, mais aussi chez les sardinelles dont la période de ponte est observée en été.

Les variations structurales et chimiques des zones hyalines et opaques sont contrôlées par des changements physiologiques liés aux fluctuations saisonnières de l'environnement. La température (Holt, 1959, 1960; Taylor, 1959, 1960; Ursin, 1963; Dement'eva et Mankevitch,

1966), la nourriture disponible et le comportement alimentaire (Paloheimo et Dickie, 1966; Khaldinova, 1966) et la reproduction (Rolletsen, 1933, 1935) contrôlent le taux de croissance du poisson et entraînent souvent la formation de structures caractéristiques sur les otolithes (Troade, 1971; Daget et Le Guen, 1975).

Les travaux d'Amenzoui (2010) sur *S. pilchardus* des côtes atlantiques marocaines, de Mahé *et al.* (2013) sur les otolithes de plusieurs espèces de poissons plats et de gadidés en Atlantique Nord-Est, Manche et mer du Nord et de Bensahla Talet (2014) sur le pageot argenté. *Pagellus acarne* pêché dans le littoral Ouest algérien - la baie d'Oran, confirment la présence chez de nombreux Téléostéens d'un dépôt d'une seule zone hyaline par an que nous avons également constaté, en période hivernale, période de croissance ralentie du poisson.

La température du milieu est sans doute le facteur le plus important mais il est possible que la disponibilité de la nourriture intervienne à un second niveau. Ainsi la température, agit de manière indirecte en influençant d'une part la disponibilité alimentaire et d'autre part le comportement alimentaire et l'activité des individus, en ayant une répercussion directe sur leur croissance. Cette hypothèse est essentiellement valable pour les poissons d'eaux tempérées où, comme le note Baillon en 1992, il est assez rare que l'interprétation de zones présente des ambiguïtés.

Les mêmes observations ont été faites par Castanet *et al.* (1977); Meunier et Pascal (1981); Morales-Nin (1992) et Panfili *et al.* (2002), d'après ces auteurs dans les régions tempérées, 2 types de facteurs principaux synchroniseraient la formation de la zone hyaline: d'une part, les facteurs externes tels que la température de l'eau, la disponibilité de la nourriture et la migration, d'autre part les facteurs internes comme la reproduction et le rythme internes du métabolisme du calcium et de la synthèse protéique.

Après la maturité sexuelle, l'apparence des marques annuelles présentes sur les otolithes se modifie de façon significative; les zones opaques deviennent plus étroites et les bandes hyalines plus évidentes. Ce constat a été établi par Woodhead, en 1968, néanmoins les causes influençant la formation de ces structures saisonnières ne sont pas, comme le montre Pannella (1980), encore connues dans leur totalité.

Les âges et les croissances de *S. pilchardus* et *S. aurita*, tous sexes confondus ont été estimés par **une clé âge-longueur** obtenue par otolithométrie et par la méthode indirecte de Bhattacharya (1967). Chez *S. pilchardus*, la première technique a révélé un intervalle âge-taille compris entre 10.8 mois pour 9.58 cm et 5.75 ans pour 19.5 cm, alors que la seconde, nous a permis d'identifier des individus de 5 ans à 19.62 cm. En ce qui concerne *S. aurita*,

l'otolithométrie a fait ressortir un intervalle âge-taille compris entre 11 mois pour 10.06 cm et 6 ans pour 23.64 cm, la méthode indirecte a révélé un âge maximal de 5 ans à 24.83 cm.

La comparaison des âges permet de valider les résultats issus de la lecture des pièces calcifiées par ceux obtenus des estimations statistiques, réalisées à partir de **la méthode indirecte** de Bhattacharya (1967). **Elle montre des longévités rapprochées chez les 2 espèces qui sont de 5 ans (méthode indirecte de Bhattacharya) et proches de 6 ans (otolithométrie).**

La détermination de l'âge par otolithométrie dépend de 4 conditions: la date de naissance du poisson; la date de capture; le nombre d'anneaux et la nature du bord hyalin ou opaque. Les résultats issus de la lecture des pièces calcifiées sont plus fiables malgré la complexité de leur interprétation. Ils dépendent des techniques d'observation utilisées pour la détermination de l'âge, de la lecture des otolithes, de la taille de l'échantillon et de l'influence des conditions environnementales.

Chez **la sardine**, à l'exception des longévités obtenues par Fage (1920) et par Bouaziz *et al.* (2014) dans les eaux des Côtes Algéroises, par Mozzi et Duo (1959) en Italie, et par Ladaimia (2017) sur le littoral Est algérien, où elle ne dépasse pas 4 ans; nos résultats sont comparables à ceux de nombreux auteurs nous citerons: Andreu *et al.* (1950), Mouhoub (1986), Brahmi *et al.* (1998), Bedairia (2011), Copace (1978) et Bencherifi *et al.* (1989) où la sardine peut vivre jusqu'à 6 ans (tab. 50).

Tableau 50: Représentation de la relation âge maximum et taille correspondante chez *S. pilchardus* dans différentes régions.

Régions	Age max. (an)	Taille max. (cm)	Auteurs
Méditerranée			
Espagne (Galicia)	♀+♂ 7**	23.13	Alvarez (1980)
Espagne (Castellion)	♀+♂ 5*	16.3	Andreu <i>et al.</i> (1950)
Italie	♀+♂ 4*	16.50	Mozzi et duo (1959)
Split (Yougoslavie)	♀+♂ 8**	19	Sinovic (1986)
Algérie (Alger)	♂ 5** et ♀ 6**	♂ 17.25 et ♀ 18.5	Mouhoub (1986)
Algérie (Centre)	♀+♂ 4*	15	Fage (1920)
Algérie (Centre)	♀+♂ 5***	18.64	Brahmi <i>et al.</i> (1998)
Algérie (Centre)	♀+♂ 4***	21.79	Bouaziz <i>et al.</i> (2014)
Algérie (Est)	♀+♂ 5***	21.94	Bedairia (2011)
Algérie (Est)	♀+♂ 4***	18.7	Ladaimia (2017)
Algérie (Est)	♀+♂ 5*** et 6**	♀+♂ 19.62 et 19.5	Présente étude
Atlantique			
Golfe de Gascogne	♀+♂ 8*	25.5	Guerault (1980)
Côte d'ivoire (Dakar)	♀+♂ 6**	24	Copace (1978)
Maroc	♀+♂ 5**	23.6	Bencherifi <i>et al.</i> (1989)

*: âge déterminé par scalinométrie, **: âge déterminé par otolithométrie, ***: âge déterminé par les méthodes indirectes.

Chez **la sardinelle**, à l'exception de Navarro (1932) dans les îles Baléares, de Dieuzeide et Roland (1957) dans la baie de Bou-Ismaïl en Algérie, de Kartas (1981) en Tunisie et Rossignol (1955) en République du Congo, où elle présente une faible longévité ne dépassant en aucun cas 4 ans. Nos résultats sont comparables à ceux d'Ananiades (1952), Ben Tuvia (1956), Bebars (1981), Bouaziz (2007), Navarro (1932), Postel (1955) et Boely *et al.* (1982) (tab. 51).

Tableau 51: Représentation de la relation âge maximum et taille correspondante de *S. aurita* dans différentes régions.

Régions	Age max. (an)	Taille max. (cm)	Auteurs
Méditerranée			
Iles Baléares	♀+♂ 4*	23.8	Navarro (1932)
Palestine	♀+♂ 6***	25.7	Ben Tuvia (1956)
Mer Egée	♀+♂ 5***	26.00	Ananiades (1952)
Egypte	♀+♂ 6***	25.5	Bebars (1981)
Tunisie	♀+♂ 4***	23.16	Kartas (1981)
Tunisie	♀+♂ 7**	27.35	Gaamour <i>et al.</i> (2001)
Algérie (Bou-Ismaïl)	♀+♂ 4***	21-26	Dieuzeide et Roland (1957)
Algérie (Centre)	♀+♂ 5*	26.54	Bouaziz (2007)
Algérie (Est)	♀+♂ 5*** et 6**	♀+♂ 24.83 et 23.64	Présente étude
Atlantique			
Iles Canaris	♀+♂ 5*	28.5	Navarro (1932)
République du Congo	♀+♂ 4*	29	Rossignol (1955)
Sénégal	♀+♂ 5***	33-34	Postel (1960)
Sénégal	♀+♂ 6***	36.2	Boely <i>et al.</i> (1982)

*: âge déterminé par scalinométrie, **: âge déterminé par otolithométrie, ***: âge déterminé par les méthodes indirectes.

La différence des valeurs de L_{∞} , indicatrices de la croissance linéaire et des valeurs du coefficient de vitesse de croissance K chez *S. pilchardus* et *S. aurita*, trouvée par différents auteurs dans différentes régions de la Méditerranée et d'Atlantique Est (tabs.53 et 54), pourrait s'expliquer principalement par: la divergence des méthodes d'échantillonnages; la divergence des techniques d'observation utilisées pour la détermination de l'âge; le point de vue différent dans l'interprétation des écailles et des otolithes; la taille de l'échantillon; et l'augmentation graduelle de la température et de la salinité d'Ouest en Est.

En Atlantique, la supériorité de la longévité de *S. pilchardus* et *S. aurita* et par conséquent des valeurs de L_{∞} par rapport à celles de la Méditerranée tient à l'habitat de ces espèces qui croient plus vite dans les eaux froides des zones d'upwelling (Binet *et al.*, 1998).

Divers travaux ont montré que les variations de L_{∞} , observées chez des groupes d'individus de la même espèce, pouvaient être attribuées, soit à des facteurs héréditaires, soit à

des conditions de vie dans le milieu (température en particulier), soit encore au taux d'exploitation (Fréon, 1984).

La discussion des résultats de la croissance linéaire et du coefficient de vitesse de croissance chez *S. pilchardus* et chez *S. aurita* est complexe car des paramètres fondamentaux comme la salinité, la température ou encore la disponibilité de nourriture impactent sur leur milieu et influencent, comme le signalent Fréon et Stequert (1979) et Silva *et al.* (2006), l'adaptation des poissons à leur environnement qui est à l'origine de résultats hétérogènes. Atarhouch *et al.*, 2006 ou encore 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 spécifique.

Les coefficients de vitesse de croissances K du stock de *S. pilchardus* sont conformes à ceux signalés par the General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM) (1981) (tab. 52) alors que chez *S. aurita* du littoral Est algérien (tab. 53), concordent avec ceux trouvé par Belouhem en 2010 dans la même zone d'étude, par Bouaziz en 2007 au centre de littoral algérien et par Oliver et Navarro en 1952 en Espagne dans les Iles Baléares.

Tableau 52: Représentation récapitulative des paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) chez la sardine dans différentes régions du monde.

Régions	L_{∞} (cm)	K	t_0 (an)	Auteurs
Méditerranée				
Adriatique	♀+♂ 20,5	0,46	- 0,5	Sinovic (1991)
Golfe du lion	♀+♂ 20,4	0,31	-	Campillo (1992)
La baie d'Izmir	♀+♂ 17,38	0,18	- 5,01	Mater et Bayhan (1999)
Nord - Ouest méditerranéen	♀+♂ 19,9	0,35	- 2,73	Morales-Nin et Pertierra (1990)
Ouest méditerranéen	♀+♂ 20,8	0,86	-	Voulgaridou et Stergiou (2003)
Méditerranée (Iles Baléares)	♀+♂ 21,2	0,39	-	GFCM (1981)
Ouest Méditerranée (Alicante)	♀+♂ 22	0,29	-	Larrañeta (1975)
Méditerranée (Mer d'Alboran)	♀+♂ 20,69	0,69	- 0,64	Aleman et Alvarez (1993)
Ouest Méditerranée (Catalogne)	♀+♂ 21,20	0,31	-	Pertierra <i>et al.</i> (1989)
Maroc (Centre-oriental Med.)	♀+♂ 21,3	0,56	- 0,67	Kada <i>et al.</i> (2010)
Tunisie	♀+♂ 19,2	0,408	- 0,94	Kartas, 1981
Algérie (Centre) - Bousmail	♀+♂ 22,27	0,25	- 1,09	Mouhoub (1986)
Algérien (Ouest) - Beni-saf	♀+♂ 22,4	0,29	-	Bouchereau et Ghazi (1988)
Algérie (Centre)	♀ 22,58 et ♂ 18,91	0,46	-	Brahimi <i>et al.</i> (1998)
Algérie (Centre)	♀+♂ 25,12	0,45	- 0,028	Bouaziz <i>et al.</i> (2014)
Algerie (Est)	♀+♂ 21,94	0,37	-	Bedairia (2011)
Algerie (Est)	♀+♂ 20,21	0, 51	- 2,77	Bouhali (2016)
Algérie (Est)	♀+♂ 21,58	0,39	- 0,086	Présente étude
Atlantique				
Maroc (Agadir)	♂ 21,21 ♀ 21,34	0,29 0,27	- 4,11 - 4,91	Amenzoui (2010)
Atlantique marocain	♀+♂ 21,6	0,88	- 0,13	Delgado <i>et al.</i> (1981)
Golfe de Gascogne	♀+♂ 23,6	-	-	Guerault (1978)
Maroc (Al Hociena)	♀+♂ 25,8	-	-	Idrissi et Zouiri (1985)

Tableau 53: Représentation récapitulative des paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) chez la sardinelle dans différentes régions du monde.

Régions	L_{∞} (cm)	K	t_0 (an)	Auteurs
Méditerranée				
Espagne(Iles Baléares)	♀+♂ 27.54	0.458	-0.382	Navarro (1932)
Espagne (Iles Baléares)	♀+♂ 27.4	0.41	-	Oliver et Navarro (1952)
Mer Egée	♀+♂ 32.57	0.288	-0.579	Ananiades (1952)
Grèce	♀+♂ 25.00	0.509	-0.881	Tsikliras <i>et al.</i> (2005)
Palestine	♀+♂ 31.10	0.250	-1.800	Ben Tuvia (1956)
Egypte	♀+♂ 33.11	0.135	- 1.377	Bebars (1981)
Tunisie	♀+♂ 31.32	0.240	-2.580	Gaamour <i>et al.</i> (2001)
Tunisie	♀+♂ 29,00	0,362	- 0,94	Kartas, 1981
Algérie (Ghazaouet)	♀+♂ 25.48	0.502	-	Sennai Cheniti (2003)
Algérie (Centre)	♀+♂ 34.96	0.236	-0.707	Bouaziz <i>et al.</i> (2001)
Algérie (Centre)	♀+♂ 29.82	0.41	-	Bouaziz (2007)
Algérie (Est)	♀+♂ 24.41	0.41	-	Belouahem (2010)
Algérie (Est)	♀+♂ 26.68	0.41	- 0.085	Présente étude
Atlantique				
Côtes atlantiques marocaines	♂33.66 ♀33.72	0.97 0.83	-0.02 -0.34	Baali (2015)
Sénégal	♀+♂ 30.2	1.206	-0.06	Boely <i>et al.</i> (1982)
Sénégal	♀+♂ 31.45	0.55	-1.79	Samba (2011)
Mauritanie	♀+♂ 38.97	0.32	-1.78	Santamaria <i>et al.</i> (2008)
Mauritanie	♀+♂ 40.7	-	-	Pham-Thuoc et Szypula (1975)
Angola	♀+♂ 43.3 Lf	-	-	Wysokinski (1986)

Les relations taille-poids sont importantes pour inférer les distributions de fréquences dans les captures totales à partir d'échantillons, ou encore pour estimer comme le soulignent Pauly et Gayanilo, en 1996, la biomasse à partir d'évaluations des longueurs

Nos résultats sur l'allométrie de la sardine et sardinelle, du littoral Est algérien concordent parfaitement avec la majorité des résultats signalés dans diverses régions de la Méditerranée et de l'Atlantique. On est en présence d'**une allométrie majorante pour les 2 espèces**, le poids croît plus rapidement que le cube de la longueur.

Toutefois, il existe quelques différences, chez **la sardine**, la valeur de b diffère de celle de Bedairia (2011), on trouve 3.2 alors que cet auteur présente une allométrie isométrique avec $b = 2.95$. Il en est de même pour Kartas (1981) en Tunisie ou encore Amenzoui (2010) au Maroc sur les côtes atlantiques qui signalent une allométrie isométrique chez les mâles de *S. pilchardus* (tab. 54).

Tableau 54: Comparaison des paramètres de la relation taille-poids de *S. pilchardus* dans les différentes régions: (a: intercepte; b: coefficient d'allométrie).

Régions	a	b	Type d'allométrie	Auteurs
Méditerranée				
Portugal (Ouest)	♀+♂ 0.0092	2.980	Minorante	Mendez <i>et al.</i> (1997)
Turquie (Golfe d'Izmir)	♀+♂ 0.0045	3.3591	Majorante	Mater et Bayhan (1999)
Mer Adriatique	♀ 0.0038	3.23	Majorante	Sinovčić <i>et al.</i> (2004)
	♂ 0.0034	3.27	Majorante	
Est Méditerranéen	♀+♂ 0.0050	3.153	Majorante	Voulgaridou et Stergiou (2003)
Maroc (Centre-orient Med)	♀+♂ 0,0066	3.0582.	Majorante	Kada <i>et al.</i> (2010)
Tunisie	♀+♂ 7.4610 ⁻³	2.85	Minorante	Quignard et Kartas (1976)
Tunisie	♀ 3.2589 10 ⁻⁶	3.152	Majorante	Kartas (1981)
	♂ 4.88 10 ⁻⁶	3.055	Isométrie	
Tunisie	♀+♂ 0,0036	3,28	Majorante	Gaamour (2004)
Algérie (Ouest)	♀ 1.61 10 ⁻⁶	3.370	Majorante	Bouchereau (1981)
	♂ 0.96 10 ⁻⁶	3.480	Majorante	
Algérie (Centre)	♀ 8 10 ⁻²	3.012	Majorante	Mouhoub (1986)
	♂ 7 10 ⁻²	2.959	Minorante	
Algérie (Centre)	♀ 3.85 10 ⁻³	3.201	Majorante	Brahmi <i>et al.</i> (1998)
	♂ 4.88 10 ⁻³	3.104	Majorante	
Algérie (Est)	♀+♂ 0.00812	2.959	Isométrie	Bedairia (2011)
Algérie (Est)	♂+♀ 0.007	3.1	Majorante	Bouhali (2016)
Algérie (Est)	♀ 0.0033	3.299	Majorante	Présente étude
	♂ 0.0042	3.209	Majorante	
	♀+♂ 0.0039	3.236	Majorante	
Atlantique				
Côtes des Landes	♀+♂ 3.95 10 ⁻³	3.24	Majorante	Gueraut et Avrilla (1978)
Maroc (Al Hociena)	♀+♂ 3.88 10 ⁻³	2.36	Minorante	Idrissi et Zouiri (1985)
Maroc (Atlantique)	♀ 0.009	3.08	Majorante	Amenzoui (2010)
	♂ 0.006	2.99	Isométrie	

Chez **la sardinelle**, les valeurs du coefficient d'allométrie b diffèrent de celles de Bebars en Egypte (Baie de Selloum), de Petrakis et Stergiou (1995), de Moutopoulos et Stergiou (2002) et de Koutrakis et Tsikliras (2003) en Grèce, qui signalent une allométrie minorante.

Cependant Merella *et al* (1997) en Espagne (Iles Baléares) et Gaamour (2004) en Tunisie (Tunis) trouvent une allométrie isométrique chez *S. aurita* (tab. 55).

Tableau 55: Comparaison des paramètres de la relation taille-poids de *S. aurita* dans les différentes régions: (a: intercepte; b: coefficient d'allométrie).

Régions	a	b	Type d'allométrie	Auteurs
Méditerranée				
Egypte (Baie de Selloum)	♀+♂ 0.012	2.899	Minorante	Bebars (1981)
Grèce	♀+♂ 0.0180	2.84	Minorante	Petrakis et Stergiou (1995)
Grèce	♀+♂ 0.0157	2.804	Minorante	Moutopoulos et Stergiou (2002)
Grèce	♀+♂ 0.0087	2.95	Minorante	Koutrakis et Tsikliras (2003)
(Croatie) Mer Adriat. Est	♀+♂ 0.0043	3.1162	Majorante	Sinivcic <i>et al.</i> (2003)
Espagne (Iles Baléares)	♀+♂ 0.0068	2.99	Isométrie	Merella <i>et al.</i> (1997)
Tunis	♀+♂ 0.0072	3.01	Majorante	Kartas (1981)
Tunis	♀+♂ 0.0052	2.93	Isométrie	Gaamour (2004)
Algérie (Centre)	♀+♂ 0.00321	3.28	Majorante	Bouaziz (2007)
Algérie (Est)	♀+♂ 0.00571	3.038	Majorante	Belouahem (2010)
Algérie (Est)	♀ 0.0050 ♂ 0.0045 ♀+♂ 0.0050	3.171 3.133 3.134	Majorante Majorante Majorante	Présente étude
Atlantique				
Maroc (Atlantique)	♀ 0.004 ♂ 0.004	3.24 3.25	Majorante Majorante	Baali (2015)
Sénégal	♀+♂ 0.0061	3.29	Majorante	Camarena Luhers (1986)
Côte d'Ivoire	♀+♂ 0.0029	3.26	Majorante	Anyangwa (1991)
République du Congo	♀+♂ 0.0043	3.28	Majorante	Ghenou (1968)

Dans les régions inter tropicales de l'atlantique Est, aussi bien chez *S. pilchardus* que chez *S. aurita*, (tabs. 54 et 55) le poids croît plus vite que le cube de la taille. En Méditerranée le coefficient d'allométrie *b* de la relation taille-poids suit un gradient aléatoire (tabs. 54 et 55). Ce dernier est à l'origine de la divergence entre les résultats et semble étroitement lié: non seulement à la richesse des éléments nutritifs et aux bonnes conditions mais aussi comme le suggère Bouaziz en 2007 à la période d'échantillonnage par rapport à la période de ponte.

Les poids asymptotiques W_{∞} obtenus chez la population totale de **la sardine** du littoral Est algérien est de 82.44 g, les femelles 64.42 g et les mâles 63.39 g (tab. 56). Chez **la sardinelle**, il est de 149.30 g chez la population totale, de 168.05 g chez les femelles et 117.84 g chez les mâles (fig. 57). **Il existe une différence de croissance entre les 2 sexes, les femelles grandissent plus rapidement que les mâles.** Cette croissance différentielle entre mâles et femelles a été signalée pour les mêmes espèces dans différentes zones de la Méditerranée et de l'Atlantique (tabs. 56 et 57). Nous citons pour la sardine les travaux de Kartas (1981) en Tunisie, Bouchereau (1981) à l'Ouest algérien, Mouhoub (1986) et Brahmi *et al.* (1998) au centre et pour la sardinelle les études de Bouaziz (2007) sur les côtes algéroises et de Baali *et al.* (2015) au Maroc (tabs. 56 et 57).

Tableau 56: Poids asymptotiques (W_{∞}) de *S. pilchardus* dans différentes régions.

Régions	W_{∞} (g)	Auteurs
Méditerranée		
Tunisie	♀ 53.38; ♂ 47.79	Kartas (1981)
Algérie (Ouest)	♀ 46.29; ♂ 26.47	Bouchereau (1981)
Algérie (centre)	♀ 60.49; ♂ 46.58	Mouhoub (1986)
Algérie (centre)	♀ 82.93; ♂ 44.56	Brahmi <i>et al.</i> (1998)
Algérie (Est)	♀+♂ 75.56	Bedairia (2011)
Algérie (Est)	♀ 64.42 ♂ 63.39 ♀+♂ 82.44	Présente étude
Atlantique		
Maroc (Safi)	♀+♂ 97.05	Amenzoui <i>et al.</i> (2006)
Maroc (Agadir)	♀+♂ 102.42	Amenzoui <i>et al.</i> (2006)
Maroc (Lâyoune)	♀+♂ 189.65	Amenzoui <i>et al.</i> (2006)

Tableau 57: Poids asymptotiques (W_{∞}) de *S. aurita* dans différentes régions.

Régions	W_{∞} (g)	Auteurs
Méditerranée		
Egypte (baie de Saloum)	♀+♂ 311.35	Bébars (1981)
Tunisie	♀+♂ 198.18	Kartas (1981)
Algérie (centre)	♀ 172.10; ♂ 72.41 ♀+♂ 220.24	Bouaziz (2007)
Algérie (Est)	♀+♂ 133.49	Belouahem (2010)
Algérie (Est)	♀ 168.05 ♂ 117.84 ♀+♂ 149.30	Présente étude
Atlantique		
Maroc	♀ 353.05; ♂ 362.3	Baali <i>et al.</i> (2015)

Les différences de croissance dans les différentes localités seraient liées non seulement à la fiabilité de la méthode de détermination de l'âge utilisée par chacun des auteurs, mais aussi aux conditions biotiques et abiotiques du milieu comme la température, la disponibilité trophique et l'habitat. L'hypothèse des différences génétiques entre les populations de la Méditerranée et de l'Atlantique n'est pas à écarter et mérite d'être vérifiée.

L'étude de la dynamique des populations, nécessite la connaissance du sex-ratio.

Ainsi le sexe de la sardine et de la sardinelle du littoral Est algérien pêchées entre novembre 2012 et octobre 2013 a été déterminé. Chez *S. pilchardus* le taux de féminité est de 59.49 % et le taux de masculinité de 40.50 % avec un sexe ratio global de 1.46 en faveur des femelles. Pour *S. aurita* le taux de féminité est de 54.07 et le taux de masculinité de 45.92 % avec un sexe ratio global de 2.68 en faveur des femelles. **Les femelles sont significativement plus nombreuses que les mâles**, ce résultat nous rassure sur le potentiel reproductif des stocks peuplant le littoral Est algérien. Il est comparable à ceux signalés par de nombreux auteurs, nous citerons pour la sardine méditerranéenne les études de Andreu et Rodriguez-Roda (1959)

pour les îles Baléares; Botros *et al.* (1970) pour l’Egypte; Kartas (1981); Gaamour (2001 et 2004) ou encore Khemiri (2006) pour les côtes Tunisiennes et pour la sardinelle les travaux de Navarro (1932), Massuti *et al.* (1950) et Andreu et Rodriguez-Roda (1959) pour les îles Baléares; Kartas (1981) et Gaamour *et al.* (2001) pour les côtes tunisiennes, El Maghraby (1969) et Botros *et al.* (1970) pour l’Egypte.

En Atlantique, sur les côtes sénégalaises, les femelles sont souvent légèrement plus nombreuses que les mâles même si Conand (1977) trouve un sex-ratio globalement équilibré avec une légère prédominance des femelles parmi les jeunes et les individus âgés. Le long du littoral congolais, Fontana et Pianet (1973) notent une prédominance des femelles.

La limitation de la taille de la population dépend de la quantité d’œufs et non pas de la quantité de sperme, c’est du nombre de femelles dans la population que dépend celui des prochaines recrues. Ce constat signalé en 1966 par Williams, permet de considérer le sex-ratio comme un outil fondamental dans le déterminisme de la taille de la population des espèces sexuées.

L’étude du sex-ratio en fonction des paramètres comme **la taille et les saisons**, permet de régir les variations de ce dernier. Pecquerie (2007) admet qu’à la naissance le sex-ratio = 1 puis il varie selon le sexe, l’âge, les saisons et les aires de ponte ou de nutrition.

La répartition du sex-ratio **en fonction de la taille**, aussi bien chez *S. pilchardus* que chez *S. aurita*, indique une dominance des femelles dans les petites et grandes classes de taille. Cette caractéristique biologique semble être une règle générale chez les clupéiformes car elle a été observée chez la **sardine** par Lee (1961a), 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) et chez la **sardinelle** ronde *Sardinella aurita* (Milton *et al.*, 1994 et Gaamour, 1999); la sardinelle plate, *Sardinella maderensis* (Boely, 1979 et Milton *et al.*, 1994); la sardinelle du Venezuela (Fréon *et al.*, 1997); l’anchois du Pérou, *Engraulis mordax* (Parrish *et al.*, 1986); l’anchois de la baie de Cadix, *Engraulis encrasicolus* (Millan, 1999) et l’anchois des côtes tunisiennes, *Engraulis encrasicolus* (Kartas, 1981 et Khemiri, 2006).

La dominance des femelles dans les **petites classes de taille** est constatée par l’identification précoce et assez aisée des petites ovaires par rapport aux petits testicules. La forte féminité des **grandes classes de tailles** est due au concours de quelques facteurs dont les plus plausibles seraient: une plus grande longévité et une croissance plus rapide des femelles, une importante vulnérabilité vis-à-vis des engins de pêche et une mortalité naturelle différente selon le sexe. Ces suggestions sont partagées par plusieurs auteurs parmi lesquels Giraldez et

Abad (1995); Millàn (1999); Ouattara *et al.* (2008), Garcia et Albaret (1977); Parrish *et al.* (1986); ou encore Motos et Uriarte (1991). La migration spatio - temporelle des sardines et des sardinelles peut affecter selon Marchal (1993) diversement toutes les classes de taille.

Le sex-ratio de *S. pilchardus* et de *S. aurita* varie **en fonction des saisons**. Chez **la sardine**, il est à la faveur des femelles en hiver, coïncidant avec la période de ponte; il le reste au printemps et en été alors qu'en automne le processus s'inverse en faveur des mâles.

Chez **la sardinelle**, la proportion numérique des femelles est supérieure à celle des mâles toute l'année avec une légère augmentation printanière des mâles sans toutefois dépasser le nombre de femelles. Cet accroissement peut être expliqué par le fait que ces derniers se rapprochent de la zone côtière pour frayer et deviennent alors plus accessibles à la capture.

Fréon *et al.* (1997) qui ont travaillé sur *S. aurita* du Venezuela expliquent cette augmentation comme une stratégie reproductive de cette espèce qui donne la priorité à l'optimisation de la disponibilité de la nourriture printanière. En général, beaucoup d'espèces de petits pélagiques sont d'une capture plus facile quand ils se rassemblent pour se reproduire (Holden et Raitt (1974).

Pecquerie (2007) note que le sex-ratio est le reflet de mécanismes d'ajustement régies par la disponibilité en nourriture et donc de la densité. Dans le cas où la nourriture est abondante et la population en diminution, on constate plus de femelles que des mâles (tactiques). Si la nourriture est moins abondante et/ou population élevée, on a souvent plus de mâles que de femelles.

Pour évaluer les différents stades de maturité sexuelle nous avons utilisé l'échelle de Fontana (1969) basée sur l'observation de l'état externe des gonades: taille, couleur, consistance, volume, forme, vascularisation et visibilité des ovocytes et des spermatozoïdes.

Cette échelle, basée sur l'étude des sardinelles du Congo, a également été utilisée par Hemida (1987) et Ba (1987) dans l'étude de la reproduction de l'anchois *Ergraulis encrasicolus*, Harchouche (2006) dans l'étude de la mendole *Spicara Maena* et Benina (2015) dans l'étude de la bogue *Boops boops* qui ont montré que 5 stades au lieu de 6 suffisent pour établir la taille de la première maturité sexuelle.

En effet, **les observations macroscopiques des gonades** de *S. pilchardus* et de *S. aurita* au cours de leurs cycles reproducteurs, **nous ont permis d'identifier 5 stades** de maturité aussi bien chez les mâles que chez les femelles. Pour le même mois, on a rencontré une grande variabilité des fréquences des stades de maturité, traduisant le grand décalage aussi bien dans la maturation que lors de l'émission entre les individus de la même

population. Ce constat est conforme à celui suggéré par Kartas et Quignard, 1984, qui expliquent l'étalement de la période de reproduction par un fractionnement de l'émission des œufs en plusieurs «fournées» on est en présence d'une ponte fractionnée.

La taille de 1^{ère} maturité sexuelle et l'âge nous ont permis d'évaluer l'âge optimum de première capture, le moment et le lieu de reproduction pouvant être utilisé comme le signalent Holden et Raitt, (1974) pour planifier les stratégies de pêche.

Chez la population totale de **sardine** les tailles varient entre 8.3 et 19.5 cm, elle **atteint sa taille de 1^{ère} maturité L₅₀ à 11.80 cm**. En Méditerranée, Mouhoub (1986), Bouchereau (1981), Bouaziz (2014), Bedairia (2011) et Bouhali (2016) en Algérie, Kartas (1981), Gaamour (2004) et Khemiri (2006) en Tunisie et Rodriguez-Roda (1970) et Larraneta (1976) en Espagne trouvent des tailles comparables aux nôtres. En Atlantique, nos résultats diffèrent de ceux de Mendez-Vilamil *et al.* (1997) aux Iles Canaries, Silva *et al.* (2004 et 2006) sur les côtes atlantiques françaises et portugaises et Amenouzou *et al.* (2001 et 2006) au Maroc (Laâyoune) chez qui la sardine atteint sa 1^{ère} maturité sexuelle à des longueurs plus élevées. Nous avons synthétisé l'ensemble des résultats comparés en Méditerranée et en Atlantique dans le tableau 58.

Tableau 58: Taille de la 1^{ère} maturité sexuelle de *Sardina pilchardus* dans différentes régions.

Régions	L ₅₀ (cm)	Auteurs
Méditerranée		
Golfe du Lion	♀ 14; ♂13.8	Lee (1961b)
Espagne (Castellon)	♀ 11.3; ♂11.7	Larraneta (1976)
Espagne (Mer d'Alboran)	♀ 12.51; ♂12.8	Abad et Giraldez (1993)
Tunisie	♀12.3; ♂11.80	Kartas (1981)
Tunisie (Golfe de Tunis)	♀+♂ 11.30	Khemiri (2006)
Tunisie (Golfe de Tunis)	♀+♂ 12.50	Gaamour (2004)
Algérie (Ouest) Baie d'Oran	♀+♂ 12.30	Bouchereau (1981)
Algérie (Ouest)	♀ 13.60; ♂13.10	Cheniti (2003)
Algérie (centre)	♀ 12.90; ♂11.90	Mouhoub (1986)
Algérie (centre)	♀+♂ 12.3	Bouaziz (2014)
Algérie (Est)	♀ 11.50; ♂11.80 ♀+♂12	Bedairia (2011)
Algérie (Est)	♀ 11.28; ♂11.50	Bouhali (2016)
Algérie (Est)	♀11.95; ♂11.70 ♀+♂ 11.80	Présente étude
Atlantique		
Espagne (Cadiz)	♀10.50; ♂11.50	Rodriguez-Roda (1970)
Iles Canaries	♀15.20; ♂15	Mendez-Vilamil <i>et al.</i> (1997)
Golfe de Gascogne	♀+♂ 17.20	Silva <i>et al.</i> (2004)
Portugal (Côte atlantique)	♀+♂ 16.80	Silva <i>et al.</i> (2006)
France (Côte atlantique)	♀+♂ 14.60	Silva <i>et al.</i> (2006)
Maroc (Laâyoune)	♀17.50; ♂16.30	Amenouzou <i>et al.</i> (2001)
Maroc (Laâyoune)	♀+♂ 15.80	Amenouzou <i>et al.</i> (2006)

Chez la population totale des **sardinelles**, les tailles varient entre 8 et 25.5 cm, **atteint sa taille de 1^{ère} maturité L₅₀ à 13.70 cm**, ils se rapprochent également des principaux auteurs ayant travaillé sur la Méditerranée: Oliver et Navarro (1952) en Espagne (iles Baléares), Ben Tuvia (1956) en Palestine, Kartas (1981), Gaamour (2001 et 2004) en Tunisie et Bouaziz (2001 et 2007) ainsi que Belouahem (2010) en Algérie.

En Atlantique nous avons remarqué le même phénomène, la 1^{ère} maturité sexuelle est atteinte à une longueur plus grande que dans la Méditerranée, telles les observations de Boely *et al.* (1978) et Conand (1977) au Sénégal, Cheibany (1990), Chavance *et al.* (1991), Wague et M' Bodj (2002) et Pascual-Alayón *et al.* (2008) en Mauritanie, Fontana et Pianet (1973) au Congo et enfin Quatey et Maravelias (1999) au Ghana (tab. 59).

Tableau 59: Taille de la 1^{ère} maturité sexuelle de *Sardinella aurita* dans différentes régions.

Régions	L ₅₀ (cm)	Auteurs
Méditerranée		
Espagne (iles Baléares)	♀ 13; ♂ 14	Oliver et Navarro (1952)
Méditerranée Occidentale	♀ 14; ♂ 16	Furnestin (1952)
Palestine	♀ 12; ♂ 13	Ben Tuvia (1956)
Grèce (mer Egée)	♀+♂ 15	Ananiades (1952)
Grèce (mer Egée)	♀+♂ 16.8	Tsikliras et Antonopoulou (2004)
Grèce	♀ 16.83; ♂ 15.5	Athanassios <i>et al.</i> (2006)
Tunisie	♀ 13; ♂ 12	Kartas (1981)
Tunisie (cap Bon)	♀ 13.5; ♂ 12.5	Gaamour <i>et al.</i> (2001)
Tunisie	♀+♂ 13.3	Gaamour <i>et al.</i> (2004)
Algérie	♀ 13.5; ♂ 12	Bounhiol (1921, <i>in</i> Dieuzeide et Roland, 1956)
Algérie (Centre) Baie de Bou Ismaïl	♀+♂ 14.1	Bouaziz <i>et al.</i> (2001)
Algérie (Centre)	♀ 14.14; ♂ 13.64 ♀+♂ 13.93	Bouaziz (2007)
Algérie (Est)	♀ 13.90; ♂ 13.64 ♀+♂ 13.78	Belouahem (2010)
Algérie (Est)	♀ 13.80; ♂ 13.60 ♀+♂ 13.70	Présente étude
Atlantique		
Sénégal (stock Sénégal –Maurita.)	♀ 20; ♂ 25	Boely <i>et al.</i> (1978)
Sénégal (Dakar)	♀+♂ 20	Conand (1977)
Mauritanie	♀+♂ 21	Cheibany (1990)
Mauritanie	♀ 20	Chavance <i>et al.</i> (1991)
Mauritanie	♀+♂ 29	Wague et M' Bodj (2002)
Mauritanie	♀ 20; ♂ 22	Pascual-Alayón <i>et al.</i> (2008)
Congo	♀+♂ 19	Fontana et Pianet (1973)
Ghana	♀ 17.1; ♂ 16.7	Quatey et Maravelias (1999)

Nos résultats montrent que pour devenir sexuellement matures, les sardines et les sardinelles du littoral Est algérien doivent atteindre respectivement 11.80 et 13.70 cm observés à partir d'1 an, ces conditions paraissent dépendre des facteurs du milieu comme la température et la disponibilité de la nourriture qui agissent, comme le montre Kausch en 1975 ou encore Horwood *et al.* en 1989, sur le métabolisme et sur la croissance.

Ces facteurs influencent non seulement la taille de 1^{ère} maturité sexuelle comme le signalent Boely *et al.* (1978) dans ses travaux sur la sardinelle ronde, mais aussi expliquent les divergences entre les résultats obtenus dans différentes régions que Silva *et al.* (2006) justifient par soit le déclin de la structure en âge, soit le taux de mortalités élevées, soit les changements dans l'environnement.

L'influence de l'élévation de la température des eaux et leur richesse trophique a été signalée par Tsuruta (1987) lors d'une étude réalisée sur les sardines du Japon. L'auteur montre que le développement des ovaires pour les pontes d'hiver est fortement conditionné par l'accumulation des réserves d'été, saison pendant laquelle les conditions trophiques sont favorables et les sardines se nourrissent abondamment.

Ainsi, nous pouvons dire que l'influence des conditions du milieu se répercute sur la taille à la 1^{ère} maturité sexuelle qui, à son tour agit sur: le potentiel de reproduction de l'espèce, la durée de la période de reproduction et la taille du stock reproducteur. Cet enchainement physiologique est décrit par Sinovčić *et al.*, en 2008 chez *S. pilchardus* de la mer adriatique. Ainsi, le suivi des variations mensuelles des valeurs du rapport gonado-somatique (**R.G.S.**) et de l'état d'embonpoint par l'indice de condition **K** de Fulton chez *S. pilchardus* et chez *S. aurita*, a permis de préciser la période de ponte et de confirmer les observations macroscopiques.

Chez la sardine la période de reproduction se situe entre novembre et avril et peut se prolonger jusqu'à mai avec une ponte optimale entre décembre et janvier, coïncidant avec le refroidissement jusqu'à 18°C, des eaux superficielles. Le repos sexuel s'étale de mai à octobre.

En Méditerranée, le long des côtes algériennes, cette période est signalée par Djabali et Mouhoub (1989) au Centre, Tomasini *et al.* (1989) à l'Ouest, Bedairia (2011), Bouhali (2016) à l'Est et Ganas *et al.* (2007) en Grèce.

Dans l'océan Atlantique, les sardines pondent en hiver et au printemps, la reproduction se passe entre janvier et juin (tab. 60).

Tableau 60: Représentation des répartitions mensuelles des périodes de reproduction de *S. pilchardus* en fonction des aires de répartition (carrés bleus).

Régions	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Méthodes	Auteurs
Méditerranée														
Golfe du Lion													Ichty, SMS	Chavance (1980)
Espagne (Mer d'Alboran)													RGS	Abad <i>et al.</i> (1993)
Tunisie													RGS, SMS	Gaamour (2004)
Baie d'Alger													SMS	Bouchereau (1981)
Algérie (Centre)													RGS	Djabali <i>et al.</i> (1989)
Algérie (Ouest)													RGS	Tomasini <i>et al.</i> (1989)
Grèce Mer égée													RGS	Ganias <i>et al.</i> (2007)
Algérie (Est)													RGS, SMS	Bedairia (2011)
Algérie (Est)													RGS, Ichty	Bouhali (2016)
Algérie (Est)													RGS, Ichty	Ladaimia (2017)
Algérie (Est)													RGS, SMS	Présente étude
Atlantique														
Nord du Golfe de Gascogne													Ichty	L'Herrou (1971)
Espagne (Nord)													RGS	Pérez <i>et al.</i> (1985)
Portugal (Nord)													Ichty	Ré <i>et al.</i> (1990)
Baie Douarnenez (France)													RGS	Le Duff (1997)
Portugal													RGS	Zwolinski <i>et al.</i> (2001)
Maroc Laâyoune													RGS, SMS	Amenzoui <i>et al.</i> (2005)

SMS: Stades de maturité sexuelle; Ichty: Ichthyoplancton et R.G.S.: rapport gonado-somatique.

Chez la sardinelle, la saison de reproduction se situe entre juin et septembre et peut se prolonger jusqu'à octobre avec un pic de ponte entre juillet et août, coïncidant avec le réchauffement à partir de 21°C, des eaux superficielles. Le repos sexuel va de novembre à mai.

En Méditerranée, la périodicité et l'étalement de la période de reproduction sont comparables avec ceux trouvés par Komarovskiy (1958) en Palestine; Heldt (1950), Kartas (1981) et Gaamour *et al.* (2004) en Tunisie et Bouaziz (2007) en Algérie.

En Atlantique, la reproduction s'effectue en 2 périodes (hétérochrone): l'une lors du réchauffement des eaux en fin de saison froide, l'autre en saison chaude (tab. 61).

Tableau 61: Représentation des répartitions mensuelles des périodes de reproduction de *S. aurita* en fonction des aires de répartition (carrés bleus).

Régions	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Méthodes	Auteurs
Méditerranée														
Iles Baléares													Ichty	Navarro (1927)
Iles Baléares													Ichty	Andreu et Rodriguez-Roda (1959)
Palestine													Ichty	Komarovsky (1958)
Palestine														Ben -Tuvia (1956)
Egypte (Baie de Selloum)														Bebars (1981)
Tunisie													Ichty	Heldt (1950)
Tunisie													Ichty	Kartas (1981)
Tunisie													RGS, SMS	Gaamour <i>et al.</i> (2004)
Algérie														Bounhiol (1921),
Algérie														Dieuzeide et Roland (1957)
Algérie (Centre)													RGS, Ichty	Bouaziz (2007)
Algérie (Est)													RGS, SMS	Présente étude
Atlantique														
Mauritanie													Ichty	Chavance <i>et al.</i> (1991)
Mauritanie													Ichty	Wague et Mbodj (2002)
Sénégal													Ichty	Boely <i>et al.</i> (1982)
Sénégal													Ichty	Curry et Fontana (1988)
Sénégal													RGS,Ichty	Diouf <i>et al.</i> (2010)
Sénégal													RGS,Ichty	Samba (2011)
Maroc													RGS,Ichty	Deme (2012)

SMS: Stades de maturité sexuelle; Ichty: Ichtyoplankton et R.G.S.: rapport gonado-somatique.

Nos résultats montrent que pour chaque espèce, il existe un seul cycle sexuel par an avec une période de reproduction étalée dans le temps. Cet allongement serait une stratégie d'adaptation qui permet à ces petits pélagiques d'assurer la survie de leurs œufs et larves. Ce phénomène est rapporté par Palomera (1992) qui a étudié l'anchois *Engraulis encrasicolus* de Méditerranée.

Wootton, 1982 et Bye, 1984 lient les petites différences qu'ils observent au moment du déclenchement de la ponte aussi bien chez la sardine que chez la sardinelle peuplant les différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique, aux conditions physiques et biotiques du milieu. L'existence d'une période de reproduction maximale est en rapport avec le synchronisme de facteurs environnementaux cycliques qui jouent comme le montre Allain (1999), le rôle de stimuli, agissant sur la reproduction. Ainsi, le décalage des périodes de pic de reproduction n'est pas surprenant. En effet, la sardine et la sardinelle, comme la

plupart des petits pélagiques sont vulnérables aux variations des conditions du milieu. Lowe-Mc Connell, 1987 et Wootton, 1990, les classes parmi les espèces opportunistes qui réagissent et s'adaptent aux influences imposées par leur environnement surtout dans le cas de la reproduction (Wootton, 1984, 1990).

Deelder et Willensen (1964) pensent qu'il n'y a aucun lien entre la température, la période de ponte et la localisation géographique de la population. Cela serait plus en rapport avec des facteurs locaux influençant la température comme la latitude. Yannopoulos et Yannopoulos (1978), suppose que la ponte des poissons ne serait pas déterminée uniquement par les facteurs physiques comme la T ou la S_‰ mais dépendrait d'un effet synergique de paramètres internes et externes non encore élucidés. Chlaida, (2009) estime que ces hypothèses devraient être revues à la lumière pour être confirmées par d'autres analyses génétiques se basant notamment sur les marqueurs ADN hyperpolymorphes neutres, tels que les microsatellites.

L'indice de conditions K de Fulton utilisé pour apprécier la qualité des habitats, est un trait compensatoire qui reflète l'accumulation saisonnière et l'épuisement d'énergie. Ce dernier représente d'après Winters and Wheeler (1994) un indice fiable pour apprécier la production annuelle totale.

Les **sardines** et les **sardinelles** du littoral est Algérien **possèdent un bon potentiel énergétique car leur facteur de condition est proche de 1**. Si on se réfère aux travaux de Dutil et Lambert (1995), on peut dire qu'avec un indice K proche de 1, les poissons ont un bon équilibre pondéral, dans le cas contraire, K témoigne de la présence d'une perturbation chronique.

Le suivi de l'évolution mensuelle de K nous a permis de comprendre la stratégie adoptée dans l'utilisation des apports énergétiques. En effet, les coefficients de condition évoluent positivement avec l'accumulation des réserves, ces dernières étant utilisées comme le montrent Robinson *et al.* (2008) durant les périodes de jeûne, de reproduction et de maturation.

Chez *S. pilchardus*, K diminue progressivement à partir de novembre pour atteindre des valeurs minimales en janvier, les sardines subissent ainsi une perte de poids. Dès mars elles commencent à reconstituer leurs réserves et enregistrent donc les plus forts embonpoints.

Les mâles et les femelles ont une stratégie similaire dans l'utilisation des apports énergétiques au cours de la maturation et l'émission des gamètes. Les femelles présentent une meilleure condition que les mâles ainsi, le sexe influence la condition du poisson car comme

le soulignent Mahé *et al.* en 2005, pour une même taille, le poids des femelles est plus grand que celui des mâles.

L'indice de condition K, chez *S. aurita* présente des variations presque similaires tout au long de l'année, excepté entre février et juillet où il augmente reflétant la bonne condition des sardinelles qui se manifeste par une accumulation des réserves indispensables à la reproduction. L'indice pondéral s'abaisse lentement pour atteindre un minimum pendant la période de ponte.

Les mâles présentent une meilleure condition que les femelles. Cette différence pourrait s'expliquer, soit par la divergence des méthodes d'échantillonnages, soit par les tailles des échantillons souvent différentes les unes des autres.

Le fait que le facteur de condition K, reste voisin à 1 et malgré les variations temporelles d'énergie, cela suggère que nos 2 espèces continuent à s'alimenter même durant la période de reproduction. Un phénomène similaire a été décrit chez la sardine des eaux de la Cornouaille anglaise (Hickling, 1945), chez *Engraulis mordax* (Hunter et Leong, 1981), chez l'anchois de la mer Noire, (Lisovenko et Andrianov, 1996) et chez l'anchois de la baie de Cadix (Millan, 1999). Ces espèces n'arrêtent pas de s'alimenter pendant la reproduction.

Les variations des indices pondéraux, R.G.S. et K évoluent inversement, quand le RGS augmente K baisse. Il est probable que l'augmentation de la condition K soit liée à l'accumulation de réserves associée à la productivité élevée du milieu. Thiriot, 1976 et Somoue, (2004) constatent, cette relation particulièrement en été où la production planctonique est optimale.

Chez la **Sardine**, l'énergie disponible durant la période de haute productivité est stockée sous forme de graisse et transférée, plusieurs mois plus tard, au développement, à la maturation et à la production des gamètes. Cette hypothèse est appuyée par de nombreuses observations réalisées, chez la sardine en Méditerranée (Tomasini *et al.*, 1989; Abad *et al.*, 1993) et en Atlantique (Pérez *et al.*, 1985) et même chez d'autres poissons Téléostéens (Hickling, 1945; Arrizaga, 1981; Hunter et Leong, 1981; Henderson et Almtar, 1989 ; Perez *et al.*, 1992; Abad et Giraldez, 1993; Bandarra *et al.*, 1997; Fréon *et al.*, 1997; Somarakis *et al.*, 2000; Zwolinski *et al.*, 2001; Shirai *et al.*, 2002; Coobs *et al.*, 2004; Sinovčić *et al.*, 2008). En effet, la sardine se nourrit intensivement en été et emmagasine ses réserves énergétiques qui seront utilisées progressivement à la maturation des gonades et à la reproduction. Ceci est confirmé par une étude qui montre que le développement des ovaires pour la ponte d'hiver et du printemps est fortement affecté par l'accumulation des réserves en été (Tsuruta, 1987). En

hiver, le zooplancton est moins abondant (Thiriot, 1976 et Somoue, 2004) le poisson se nourrit peu (Furnestin, 1945) et l'émission des gamètes contribue à accentuer la perte de poids qui est un facteur de condition. Cet amaigrissement s'estompe avec la reprise de l'alimentation et la condition s'améliore au printemps.

La **sardinelle**, continue à s'alimenter même durant la période de reproduction qui correspond à la période estivale où la productivité est élevée. Malgré la disponibilité de la nourriture, on observe une diminution du coefficient de condition K qui se traduit par un amaigrissement des poissons qui se nourrissent peu pendant cette période de développement des gonades. Ces dernières compriment de plus en plus le tractus digestif réduisant ainsi le volume des prises alimentaires. Ce résultat est comparable avec celui de Lahaye, qui a étudié les cycles sexuels des poissons marins en 1980. Les réserves graisseuses seraient investies majoritairement comme le signalent Millàn (1999) et Somarakis *et al.* (2012), dans l'élaboration des produits sexuels et l'émission des œufs réduit la masse corporelle.

Les mortalités naturelles (M) ou totale (Z) diffèrent d'une espèce à l'autre et en fonction du secteur géographique.

Chez *S. pilchardus*, la mortalité totale, obtenue à partir de la courbe de capture linéaire (Pauly, 1984) est estimée à 1.95 an^{-1} , tandis que la mortalité naturelle est égale à 0.41 an^{-1} selon la méthode de Djabali *et al.* (1994). La valeur du coefficient Z se rapproche de celle de Bedairia qui l'estime en 2011 à 1.82 an^{-1} dans la même zone d'étude, quant à la mortalité M, elle est comparable à celles rencontrées dans le centre du littoral algérien par Bouaziz *et al.* en 2014 et en Tunisie par la commission générale des pêches pour la méditerranée (CGPM) en 1981 (tab. 62).

Tableau 62: Représentation des variations des coefficients de mortalités naturelle M et totale Z de *Sardina pilchardus* dans différentes régions.

Régions	M (an^{-1})	Z (an^{-1})	Auteurs
Méditerranée			
Castellon	♀+♂ 0.50	1.39	(CGPM. 1981)
Tunisie	♀+♂ 0.47	-	(CGPM. 1981)
Algérie (Alger)	♂ 0.39 et ♀ 0.36	♂ 0.688 et ♀ 0.723	Mouhoub (1986)
Algérie (centre)	♀+♂ 0.91 Pauly (1980); 0.49 Djabali <i>et al.</i> (1994)	3.52	Bouaziz <i>et al.</i> (2014)
Algérie (Est)	♀+♂ 0.85 Pauly (1980); 0.33 Djabali <i>et al.</i> (1994)	1.82	Bedairia (2011)
Algérie (Est)	♀+♂ 0.88 Pauly (1980); 0.41* Djabali <i>et al.</i> (1994)	1.95	Présente étude
Atlantique			
Maroc	♀+♂ 0.65	0.85	FAO (1985)

* valeur de M retenue pour le stock de *S. pilchardus* exploité; CGPM: Commission générale des pêches pour la Méditerranée.

Chez *S. aurita*, la mortalité totale (Z) est estimée à 1.87 an^{-1} , alors que la mortalité naturelle est évaluée à 0.40 an^{-1} selon la méthode de Djabali *et al.* (1994). Ces coefficients de mortalité sont conformes avec ceux de Belouahem (2010) qui a travaillé dans la même zone d'étude où il trouve $Z = 1.82 \text{ an}^{-1}$ alors que Bouaziz *et al.* (2010) l'estime à 1.88 an^{-1} (tab. 63).

Tableau 63: Représentation des variations des coefficients de mortalités naturelle M et totale Z de *Sardinella aurita* dans différentes régions.

Régions	$M (\text{an}^{-1})$	$Z (\text{an}^{-1})$	Auteurs
Méditerranée			
Egypte (baie de Saloum)	♀+♂ 0.99	0.99	Bebars (1981)
Corse (France)	♀+♂ 0.76		Dintheer (1982)
Ouest Algérien (Oran)	♀ 0.59 et ♂ 0.70	♀ 1.47 et ♂ 1.79	Chavance <i>et al.</i> (1985)
Ouest Algérien (Ghazaouet)	-	0.69	Sennai Cheniti (2003)
Algérie (centre)	♀+♂ 0.54 Pauly (1980)	2.22	Bouaziz <i>et al.</i> (2001)
Algérie (centre)	♀+♂ 0.81 Pauly (1980)	1.88	Bouaziz <i>et al.</i> (2010)
Algérie (Est)	♀+♂ 0.86 Pauly (1980)	1.82	Belouahem (2010)
Algérie (Est)	♀+♂ 0.86 Pauly (1980); 0.40* Djabali <i>et al.</i> (1994)	1.87	Présente étude
Atlantique			
Golfe de Mexique	♀+♂ 0.6		Grall (1984)
Sénégal	♀+♂ 1.2		Freon (1988)
Nord du Venezuela	♀+♂ 1.65	5.65	Guzman et Gomez (2000)

* valeur de M retenue pour le stock de *S. aurita* exploité.

Divers facteurs peuvent expliquer la divergence des résultats, tels les méthodes utilisées pour leur détermination; les différences écologiques possibles entre les zones d'études; les valeurs de K et de L_{∞} qui peuvent aussi influencer directement les mortalités M et Z et la température de l'eau. Selon Korichi (1988) les variations extrêmes de Z indiquent soit des migrations, soit des fluctuations de recrutement. Ursin (1967) montre que, la mortalité naturelle M dépend à la fois de facteurs physiologiques comme les maladies et la vieillesse, de facteurs environnementaux comme les températures, les courants ou encore les salinités et de facteurs dus au hasard comme la prédation. Les facteurs environnementaux peuvent être cernés et on peut estimer leur influence sur la croissance ou la reproduction.

La fiabilité des résultats de M dépend de la justesse des données d'entrées utilisées dans l'équation de calcul. Les nombreuses évaluations halieutiques sur différents stocks de poissons de plusieurs régions du monde, montrent que les petits pélagiques à croissance rapide ont une mortalité naturelle élevée étroitement liée, comme l'explique Pauly (1985), à l'augmentation de la température des eaux. La mortalité naturelle est aussi corrélée avec la vitesse de croissance ou longévité K et la taille puisque les poissons jeunes subissent des prédateurs plus fortes que les poissons plus âgés de taille plus grande.

Les probabilités de captures selon les longueurs ou sélectivité est une mesure de la capacité d'un engin de pêche à ne capturer qu'une partie des animaux présents. Elle correspond donc à une sélection soit des espèces pêchées, soit de la gamme des tailles et donc des âges pêchés. La sélectivité peut être exprimée par une courbe des taux de capture en fonction de l'âge. Par suite du phénomène d'échappement, le taux de capture est généralement croissant chez les jeunes, selon une courbe de type logistique (Gascuel, 2008).

L'âge de première capture (t_c), considéré dans les études d'évaluation halieutiques correspond à un échappement de 50%, il est représenté par une **taille de 1^{ère} capture (L_c)** qui est **de l'ordre de 8.71 cm chez la sardine et de 9.23 cm chez la sardinelle**.

En Méditerranée, Bedairia (2011) a obtenu une L_c de 7.36 cm pour les sardines des côtes Est algériennes. Quant aux sardinelles, Bouaziz (2007) a trouvé une $L_c = 7.27$ cm sur les côtes algéroises et Belouahem (2010) une $L_c = 9.5$ sur les côtes Est du littoral, Bebars (1981) a obtenu quant à lui, une L_c de 11.42 cm dans la baie de Saloum en Egypte.

La différence des résultats est probablement due à des raisons biologiques, tels le choix des méthodes, les paramètres de l'équation de von Bertalanffy (L_∞ et K), les fréquences de tailles utilisées (Bouaziz, 2007) ou des raisons halieutiques, tels que la différence des techniques et des stratégies de capture. Selon Sparre et Venema (1996), la probabilité qu'un poisson soit retenu par l'engin de pêche est due à 2 probabilités: soit que le poisson se trouve sur le lieu de pêche, soit qu'il est retenu par les mailles de l'engin de pêche.

L'évaluation de l'état d'exploitation de la Sardine et de la Sardinelle a nécessité l'introduction de toutes les données biologiques obtenues: les paramètres de croissance de von Bertalanffy (L_∞ , K et t_0), les paramètres de la relation taille-poids (a et b), les mortalités naturelle (M) et par pêche (F), la distribution des fréquences de tailles, les proportions des individus matures de chaque classe de tailles et la production annuelle du stock exploité. Leur traitement a été réalisé par l'emploi du logiciel VIT (Lleonart et Salat, 2000) qui présente l'avantage de fonctionner avec des pseudo-cohortes nécessitant uniquement la connaissance des captures sur une année au lieu de séries historiques plus longues. Cette analyse nous a permis d'évaluer l'état d'exploitation à travers: le calcul des longueurs et des âges moyens de capture, de la biomasse totale équilibrée (D), du rendement (Y/R) et de la biomasse par recrue (B/R).

La **longueur moyenne de capture** obtenue chez *S. pilchardus* du littoral Est algérien, est estimée à **14.37 cm** pour un âge moyen de **2.78 ans**, elle demeure largement supérieure à la taille de 1^{ère} maturité sexuelle (L_{50}) tous sexes confondus qui est de l'ordre de **11.80 cm**.

Les taux de la biomasse du stock reproducteur, "SSB, Spawning Stock Biomass" reste élevé il est estimé chez **la sardine** à **4450 t.** en moyenne, soit **67 %** de la biomasse moyenne qui est de l'ordre de **6656.16 t.**

Chez *S. aurita* la longueur moyenne de capture est estimée à **16.35 cm** pour un âge moyen de **2.34 ans**, elle reste largement supérieure à la taille de 1^{ère} maturité sexuelle (**L₅₀**) tous sexes confondus qui est de l'ordre de **13.70 cm.** Le SSB est de l'ordre de **2094 t** en moyenne soit **74 %** de la biomasse moyenne qui est de l'ordre de **2829.59.16 t.**

Il ressort de l'analyse de l'ensemble de nos résultats que les jeunes individus sont épargnés d'une surexploitation par le recrutement "recruitment overfishing". De plus, les individus matures ne présentent pas le risque d'une surpêche par la croissance "growth overfishing" du fait qu'ils ont déjà pondue au moins une fois dans leur vie, assurant ainsi la pérennité du stock. Quels que soient les âges sur lesquels l'exploitation porte, elle entraîne généralement, une diminution du nombre des vieux individus. Quand les prélèvements s'accroissent l'abondance décroît ainsi que l'âge ou la taille moyenne du poisson et l'âge de 1^{ère} maturité. Ces changements reflèteraient selon (MacCall, 1990) la pression de la pêche et les réponses compensatoires de la ressource.

L'âge moyen de capture de la sardine est de **2.78 ans**, **il est proche de l'âge critique, qui est de l'ordre de 2.28 ans**, pour lequel la cohorte atteint sa biomasse maximale. Nos résultats sont similaires à ceux de Bouaziz *et al.* (2014) au centre du littoral algérien pour la même espèce, où l'âge moyen de ses captures 1.60 ans est très proche de l'âge critique 2.15 ans. Cependant ils diffèrent de ceux obtenus pour la même espèce et dans la même zone d'étude, par Bedairia (2011) à savoir 2.42 ans pour l'âge moyen et 3.015 ans pour l'âge critique.

Pour **l'âge moyen de capture de la sardinelle** qui est de **2.34 ans**, **il est très proche de l'âge critique, qui est de l'ordre de 2.15 ans.** Nos résultats sont similaires à ceux de Belouahem (2010), obtenus pour la même espèce et dans la même zone d'étude avec 1.69 ans comme âge moyen et 1.93 ans comme âge critique et ceux de Bouaziz (2007) au centre du littoral algérien pour la même espèce avec 2.2 ans comme âge moyen et 2 ans comme âge critique.

Selon Dardignac (1989) et Alvaro (1995) si l'on veut tirer d'un stock une production élevée, il est souhaitable que l'âge de capture soit proche de l'âge critique; ce qui concorde parfaitement avec les résultats rencontrés aussi bien la Sardine que la Sardinelle.

La biomasse totale équilibrée (D) obtenue chez *S. pilchardus* du littoral Est algérien est estimée à 7561.72 tonnes, cette valeur **correspond à l'hypothèse d'équilibre du stock**, elle est constituée de 18.91 % de biomasse relative aux recrues mais, surtout d'une plus grande proportion due au facteur croissance avec 81.09%; ce sont les 2 composantes de gain en biomasse du stock. Concernant les pertes, la mortalité par pêche estimée à 63.19% devance la mortalité naturelle qui est de 36.81%.

Chez *S. aurita*, la biomasse totale équilibrée (D) est estimée à 3074.67 tonnes, elle est essentiellement alimentée par la croissance pondérale qui représente 87.92 %, loin de l'apport en recrutement qui est de 12.08%. Les pertes sont causées en majeure partie par la mortalité par pêche (F) estimée à 63.19% alors que la mortalité naturelle ne dépasse pas 36.81%.

Sparre et Venema (1996) estiment que le taux élevé en apport de croissance est une des caractéristiques typiques des petits pélagiques de Méditerranée qui reflète la présence de conditions environnementales favorables à la croissance. Cette élévation du taux de croissance a été signalée chez la sardine et chez la sardinelle du littoral Centre - Est algérien par Bedairia en 2011, Belouahem en 2010 et Bouaziz en 2007. Les pertes sont dues aux mortalités par pêche où les stocks sont à leur maximum d'exploitation.

Le rapport entre la biomasse totale équilibrée (D) et la biomasse moyenne (B_{moy}), appelé «turnover» **chez *S. pilchardus* traduit un important renouvellement annuel de la biomasse du stock, il est de 113.60 %**, ce résultat est comparable avec celui de Bedairia (2011) qui l'évalue à 114.33 %. Il en est de même pour *S. aurita*, chez qui **il est estimé à 108.66%**, ce taux est proche de ceux obtenus par Bouaziz en 2007 avec 112.60% ou encore par Belouahem en 2010 avec 117.20%.

L'analyse des résultats de la biomasse totale équilibrée ou biomasse balance montre que les populations de *S. pilchardus* et *S. aurita* sont très résistantes et résilientes, pour la rapidité de leurs croissances et de leurs reproductions en plus de leurs caractères alimentaires opportunistes. Nous distinguons que:

- la pêche impacte la structure démographique du stock exploité provoquant des modifications de l'abondance du stock et des captures.
- en modifiant l'abondance des géniteurs, la pêche a des effets sur la capacité de renouvellement du stock et donc sur le recrutement.

Les résultats relatifs au **rendement (Y/R) et à la biomasse par recrue (B/R)**, sont très sensibles à la vitesse de croissance K aussi bien chez *S. pilchardus* que chez *S. aurita*, la même observation a été signalée par le groupe de travail *ad hoc* sur les sardines, sardinelles et

autres espèces de petits pélagiques côtiers de la zone Nord de l'Atlantique centre-Est du COPACE (FAO, 1994). En effet, 2 lois potentielles de croissance ont été retenues pour tenir compte des incertitudes dans le domaine d'évaluation des stocks exploitables à savoir:

- une loi de croissance rapide: celle des petits poissons à longévité courte (cas des petits pélagiques) avec une valeur de K élevée et
- une loi de croissance lente: celle des grands poissons à grandes longévité (cas des démersaux) avec une valeur de K basse.

Si nous retenons les orientations retenues par Sparre et Venema (1996), qui estiment que le paramètre de courbure K de l'équation de croissance linéaire de von Bertalanffy détermine la rapidité du poisson d'approcher la longueur asymptotique L_{∞} , les petits pélagiques, à brève existence, atteignaient rapidement leur L_{∞} et présentent par conséquent une valeur de K élevée. Ainsi, nous pouvons dire que le diagnostic du rendement et de biomasse par recrue est obtenu dans notre cas, à partir des paramètres de la loi de croissance rapide à forte valeur de K et qu'il en dépend.

Pauly et Soriano (1986) et Silvestre *et al.* (1991) notent que chez les petits pélagiques à forte valeur de M, les valeurs de F maximisant le rendement par recrue Y/R sont généralement très élevées, c'est le cas chez la sardine et la sardinelle du littoral Est algérien. Ainsi, gérer une pêcherie sur une espèce de petit pélagique, en se basant seulement sur les analyses de Y/R peut être induire en erreur du fait que le rendement et la sélection des captures se font dans une gamme de taille réduite. Pour cette raison, Gulland et Boerema (1973) ont proposé de limiter la mortalité par pêche (F) au $F_{0.1}$. Selon les recommandations de la FAO (1996), $F_{0.1}$ est acceptable comme point cible de gestion (**Points de Référence Biologique, PRB**), du fait qu'il soit à l'origine d'une exploitation soutenable à long terme des stocks, avec la meilleure capture.

Dans les années 70, $F_{0.1}$ commença à être préféré à $F_{\max}$ comme point cible de gestion des ressources halieutiques. Depuis les années 80, et à ce jour, le $F_{0.1}$ est adopté comme objectif à long terme par plusieurs commissions internationales pour les pêches et par la CEE. En effet, le choix du point de référence, $F_{0.1}$, en tant que point cible pour la gestion des pêcheries de *S. pilchardus* et de *S. aurita* du littoral Est de la côte algérienne, au lieu du $F_{\max}$, permet d'assurer une marge de sécurité pour le maintien du stock, tout en évitant de pénaliser l'effort de pêche.

En réalité, les gestionnaires des pêcheries ne s'intéressent pas à un rendement par recrue Y/R mais au rendement total du stock exploitable. Pour ce faire, il suffit **de multiplier le nombre de recrues (R) par le $Y_{0.1}/R$** (VIT, Lleonart et Salat, 2000).

Le **nombre de recrues (R)** de *S. pilchardus* est représenté par le nombre initial de la première classe de taille estimé par la VPA à **438458159 individus, multiplié par le $Y_{0.1}/R$: 10.244 g.an⁻¹** on obtient **4491.59 t**. Ainsi, pour atteindre le $Y_{0.1}/R$ correspondant au $F_{0.1}$, nous pensons que par rapport aux prises actuelles qui sont de **4865.31 t**, elles doivent baisser à **4491.56 t**. Chez *S. aurita*, le **nombre de recrues (R)** estimé par la VPA est de **109818612 individus, multiplié par le $Y_{0.1}/R$: 16.46 (g.an⁻¹)** on obtient une valeur de **1807.61 t**. De ce fait pour atteindre le $Y_{0.1}/R$ correspondant au $F_{0.1}$, les prises devraient décroître jusqu'à **1807.61 tonnes** par rapport aux captures actuelles qui dépassent **1942.84 t**.

L'application de ces recommandations, permettrait à long terme une production maximale durable, tout en assurant le renouvellement des stocks exploitables de *Sardina pilchardus* et de *Sardinella aurita* du littoral Est de la côte algérienne et **les résultats obtenus montrent que les pêcheries de la sardine et de la sardinelle ne sont pas à leur meilleur palier d'exploitation (surexploitation)**.

Pour optimiser les pêcheries on préconise une baisse de l'effort de pêche actuel F_{act} : 1 an⁻¹, chez *Sardina pilchardus* à un niveau équivalent au $F_{0.1}$: **0.35 an⁻¹**, par réduction des captures actuelles de **7.68%** et du nombre de navires. Chez *Sardinella aurita* à un niveau équivalent au $F_{0.1}$: **0.40 an⁻¹**, théoriquement, il faudrait réduire les captures actuelles de **6.96%** et le nombre d'embarcations. Ce n'est qu'à ces conditions qu'on pourra assurer la pérennité des stocks et leur renouvellement et obtenir une meilleure exploitation du recrutement entrant correspondant à une capture totale admissible (**TAC**) de l'ordre de **4491.56 t** pour la sardine et de **1807.61 t** pour la sardinelle. Ces valeurs donnent une meilleure visibilité des captures pour les différents acteurs du secteur halieutique, pêcheurs et gestionnaires.

Le TAC (Total Admissible de Captures) est un des outils de gestion des pêcheries les plus pertinents et les plus appliqués actuellement à travers le monde. Il est employé en particulier pour limiter les prises des ressources afin d'éviter tout risque de surexploitation. Les TACs une fois fixés pour chaque stock, sont convertis en quotas répartis par la suite entre l'ensemble des pêcheurs. Oliver (2002) précise que, les méthodes d'évaluation halieutique des séries chronologiques de taille/âge des captures et de la biomasse doivent être élaborées en Méditerranée lorsque les données sont disponibles. Les approches analytiques par rendement par recrue et pseudocohortes tel que le VIT (Leonart et Salat, 1997) doivent être appliquées, et ce, malgré les problèmes qu'elles sont susceptibles de rencontrer comme ceux liés à l'environnement et/ou à la variation de la productivité.

Conclusion et perspectives

5. Conclusion.

Ce travail relatif à l'étude de la biologie et de la dynamique de 2 principaux clupéidés d'intérêt économique, la sardine *Sardina pilchardus* et la sardinelle *Sardinella aurita*, est une contribution complémentaire aux connaissances de ces espèces en vue d'établir une planification de l'exploitation optimale et rationnelle de ces ressources et de gérer de façon durable les stocks disponibles.

Aussi bien pour la sardine que pour la sardinelle, des coefficients de corrélation très proches de 1 ont été retrouvées pour l'ensemble des paramètres métriques par rapport aux longueurs totales ou céphalique. Parmi les 4 caractères méristiques étudiés, le nombre de vertèbres semble être le seul valable pour structurer les stocks, il nous a permis d'établir une distinction entre les populations peuplant les régions littorales Ouest, Centre et Est.

Les résultats obtenus par otolithométrie sont validés par l'expression indirecte de Bhattacharya (1967). Ces 2 techniques estiment des durées de vie respectives de 6 et 5 ans chez les 2 espèces. La longévité des femelles est supérieure à celle des mâles.

La sardine comme la sardinelle atteignent rapidement leur L_{∞} , elles présentent un coefficient de vitesse de croissance K élevé, aussi leurs poids augmentent plus vite que le cube de leurs longueurs.

Le sex-ratio est en faveur des femelles chez les 2 espèces. Les tailles de 1^{ère} maturité sexuelle (L_{50}) sont acquises au cours de la 1^{ère} année de vie des poissons, elles sont atteintes à 11.80 cm chez les sardines et 13.70 cm chez les sardinelles.

La période de reproduction obtenue par l'observation macroscopique des gonades, le suivi du R.G.S et du facteur de Fulton K , a lieu entre novembre et avril chez la sardine et entre juin et septembre chez la sardinelle.

La mortalité totale (Z) des sardines et celle des sardinelles, révèle une mortalité par pêche (F) élevée par rapport à la valeur de la mortalité naturelle (M) et le taux d'exploitation (E) montre la présence d'une surpêche chez les 2 espèces.

La taille de 1^{ère} capture a été estimée à 8.71 cm chez *S. pilchardus* et à 9.23 cm chez *S. aurita*.

La VPA nous a permis d'évaluer la biomasse exploitable, le rendement par recrue et le $F_{0.1}$ chez les sardines et sardinelles de la zone Est du littoral algérien par l'emploi du logiciel VIT. Ce dernier est recommandé par la FAO pour la pêcherie méditerranéenne, il présente l'avantage de fonctionner avec des pseudocohortes établies sur une année au lieu d'une série historique d'une dizaine d'années. Cet outil de gestion est pratique, concret et admissible pour la mise en place d'une stratégie de gestion des pêches. Il permet de quantifier d'une manière

pertinente l'effort de pêche et de réaliser des évaluations de stock fiables et des modèles de projections réalistes à des fins de gestion. **Ainsi, on montre l'existence d'un état de surexploitation des stocks de *S. pilchardus* et de *S. aurita* du littoral Est algérien.**

Pour atteindre le $Y_{0.1}/R$ correspondant au $F_{0.1}$, considéré comme valeur cible, les captures actuelles de sardine (4865.31 tonnes) devraient éminemment baisser de **7.68%** pour atteindre un **TAC** (Total Admissible de Captures) de **4491.59 tonnes**. Quant aux captures actuelles de sardinelle estimées à 1942.84 tonnes, devraient diminuer de **6.96%** pour atteindre un TAC de **1807.61 tonnes**.

Le choix du **point de référence $F_{0.1}$** , en tant que point cible pour la gestion de la pêcherie au lieu du F_{MSY} (F_{max}), assurerait une marge de sécurité pour le maintien du stock et éviterait de pénaliser l'effort de pêche. La valeur de $F_{0.1}$ est très proche de celle du F_{MSY} et beaucoup plus rentable car pour atteindre la "vraie" production maximale équilibrée (MSY ou Y_{max}/R) qui a une valeur supérieure de 10 %, il faudrait augmenter considérablement l'effort de pêche, provoquant ainsi l'effondrement des ressources halieutiques. L'application de ces recommandations permettra à long terme une production optimale et durable, tout en assurant le renouvellement des stocks exploitables de *Sardina pilchardus* et de *Sardinella aurita* du littoral Est de la côte algérienne

En perspective, cette étude nous permet de proposer quelques recommandations:

- Etendre le jeu de données spatio-temporelles par l'extension de l'échelle géographique sur plusieurs cycles d'études.
- Rechercher l'impact du réchauffement climatique surtout la température, le pH, la salinité et la chlorophylle, la courantologie sur les pêcheries des petits pélagiques.
- Développer les approches par modélisation à moyen et à long termes.
- Aborder les régimes alimentaires de ces espèces à travers les réseaux trophiques.
- Mettre en place un programme de suivi des cycles de reproduction particulièrement le taux de fécondité.

Pour optimiser les pêcheries, il serait judicieux de:

- Etablir des plans de gestion de stocks à long terme et prévoir une exploitation rationnelle, responsable et durable dans des conditions économiques et sociales appropriées pour le secteur.
- Planifier des périodes de pêche hors ponte et reproduction.
- Fixer des quotas.
- Tenir compte de la taille minimale de capture.
- Améliorer les systèmes de collecte des données statistiques des débarquements à travers le passage obligatoire par des halls de vente modernes.
- Déclarer toutes les captures y compris les rejets.
- Respecter strictement les conventions, réglementations et autres lois.
- Vulgariser le savoir auprès des pêcheurs en les associant aux travaux de recherche scientifiques.
- Orienter les consommateurs vers des espèces moins prisées car moins connues à l'heure actuelle, comme la saupe, les maquereaux, les chinchards, les bogues, la bonite, ou les thonines.

Résumés

Résumé.

La biologie et la dynamique de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) et de la sardinelle, *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) du littoral Est algérien, ont été étudiées afin de pallier les manques de données concernant l'exploitation de leurs pêcheries.

Durant la période allant de novembre 2012 à octobre 2013, nous avons analysé un total de 1146 sardines et 1033 sardinelles. Cinq aspects ont été abordés: morphométrie, âge-croissance, reproduction, mortalité et état d'exploitation des stocks.

La morphologie a été caractérisée chez les 2 espèces, à travers l'analyse de 15 critères métriques et 4 méristiques, une corrélation très hautement significative a été retrouvée pour l'ensemble des paramètres métriques par rapport aux longueurs totales ou céphalique. Chez les populations totales de sardine, la croissance des différentes parties du corps est isométrique à 50%, alors que chez la sardinelle l'allométrie croissance est de type majorante et représente 57%. Les résultats des paramètres méristiques montrent que le nombre de vertèbres est le seul critère valable pour structurer les stocks.

Les âges obtenus par otolithométrie sont validés par la méthode de Bhattacharya (1967) grâce au FISAT II (Gayanilo et al., 2005), ces 2 techniques estiment des durées de vie respectives de 6 et 5 ans aussi bien chez la sardine que chez la sardinelle. Les 3 paramètres de croissance de von Bertalanffy, obtenus par New VONBIT (Stamatopoulos, 2005) et retenus pour évaluer l'état des stocks, montrent que les 2 espèces croissent rapidement, en effet chez la population totale de sardines $L_{\infty} = 21.58$ cm avec $K = 0.39$ et $t_0 = -0.086$ et chez la sardinelle $L_{\infty} = 26.68$ cm avec $K = 0.41$ et $t_0 = -0.085$. Chez les 2 clupéidés le poids augmente plus vite que le cube de leurs longueurs totales avec $b > 3$.

La reproduction a été abordée à partir du calcul du sex-ratio, par l'examen macroscopique des gonades, par la L_{50} , le R.G.S et l'indice de Fulton K. Le sex-ratio est à l'avantage des femelles avec respectivement 1.46 chez *S. pilchardus* et 1.11 chez *S. aurita*. Les 2 espèces, tous sexes confondus, se caractérisent par 5 stades de maturités sexuelles. Les tailles de 1^{ère} maturité sexuelle (L_{50}) sont acquises au cours de la 1^{ère} année de vie à partir de 11.80 cm chez les sardines et 13.70 cm chez les sardinelles. La période de reproduction calculée à partir du R.G.S et de l'indice de Fulton se situe entre novembre et avril pour la sardine et entre juin et septembre pour la sardinelle.

Les coefficients de mortalité par pêche (F) sont de 1.54 an^{-1} chez la sardine et 1.47 an^{-1} chez la sardinelle alors que ceux de la mortalité naturelle (M) sont respectivement de 0.41 an^{-1} et de 0.40 an^{-1} avec des taux d'exploitation (E) > 0.5 pour les 2 espèces.

La taille de 1^{ère} capture, indicateur quantitatif simplifié du diagramme d'exploitation, a été estimée à 8.71 cm chez *S. pilchardus*, soit un âge de 0.74 an et à 9.23 cm chez *S. aurita*, soit un âge de 0.67 an.

L'analyse de la population virtuelle (VPA) par le logiciel VIT (Lleonart et Salat, 2000) montre l'existence d'un état de surexploitation aussi bien chez la sardine que chez la sardinelle.

Pour limiter les risques d'effondrement des stocks, nous préconisons d'ajuster les productions des 2 clupéidés aux rendements par recrues $Y_{0.1}/R$ correspondant à l'effort de pêche $F_{0.1}$, considéré comme valeur cible. Actuellement, les captures annuelles de sardine qui sont de l'ordre de 4865.31 tonnes devraient éminemment baisser de 7.68% pour atteindre un total admissible de captures (TAC) de 4491.56 tonnes. Quant aux captures actuelles de sardinelle estimées à 1942.84 tonnes, devraient diminuer de 6.96 % pour atteindre un TAC de 1807.61 tonnes.

Mots-clés: *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, âge-croissance, reproduction, biomasse, exploitation, Algérie.

Summary.

The biology and dynamics of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) and sardinella, *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) from the east coast of Algeria, were studied in order to make up for the lack of data concerning the exploitation of their fisheries. .

During the period from November 2012 to October 2013, we analyzed a total of 1146 sardines and 1033 sardinella. Five aspects were discussed: morphometry, age-growth, reproduction, mortality and exploitation status of stocks.

Morphology was characterized in both species, through the analysis of 15 metric and 4 meristic criteria, a very highly significant correlation was found for all metric parameters compared to total or cephalic lengths. In total populations of sardines, the growth of the different parts of the body is isometric at 50%, whereas in sardinella growth allometry is of the major type and represents 57%. The results of the meristic parameters show that the number of vertebrae is the only valid criterion for structuring stocks.

The ages obtained by otolithometry are validated by the method of Bhattacharya (1967) thanks to FISAT II (Gayanilo et al., 2005), these two techniques estimate lifespans of 6 and 5 years respectively in the sardine as in the sardinella. The 3 von Bertalanffy growth parameters, obtained by New VONBIT (Stamatopoulos, 2005) and retained to evaluate the state of the stocks, show that the 2 species grow rapidly, indeed in the total population of sardines $L_{\infty} = 21.58$ cm with $K = 0.39$ and $t_0 = -0.086$ and sardinella $L_{\infty} = 26.68$ cm with $K = 0.41$ and $t_0 = -0.085$. In the 2 clupeidae the weight increases faster than the cube of their total lengths with $b > 3$.

The reproduction was approached from the calculation of the sex-ratio, by the macroscopic examination of the gonads, by the L_{50} , the R.G.S and the index of Fulton K. The sex ratio is to the advantage of the females with respectively 1.46 for the *S. pilchardus* and 1.11 for the *S. aurita*. The 2 species, all sexes combined, are characterized by 5 stages of sexual maturity. The sizes of first sexual maturity (L_{50}) are acquired during the first year of life from 11.80 cm for the sardines and 13.70 cm for the sardinellas. The reproduction period calculated from R.G.S and the Fulton index is between November and April for sardines and between June and September for sardinella.

The fishing mortality coefficients (F) are 1.54 yr^{-1} for sardines and 1.47 yr^{-1} for sardinella, while those for natural mortality (M) are 0.41 yr^{-1} and 0.40 yr^{-1} , respectively. exploitation rates (E) > 0.5 for both species.

The size of the first capture, simplified quantitative indicator of the exploitation diagram, was estimated at 8.71 cm for *S. pilchardus*, an age of 0.74 years and at 9.23 cm for *S. aurita*, an age of 0.67 years.

The analysis of the virtual population (VPA) by the software VIT (Lleonart and Salat, 2000) shows the existence of a state of overexploitation in both sardine and sardinella. To limit the risk of collapse of stocks, we recommend to adjust the production of 2 clupeids to $Y_{0.1} / R$ yields corresponding to fishing effort $F_{0.1}$, considered as target value. Currently, annual sardine catches of around 4865.31 tons are expected to drop by 7.68% to a total allowable catch (TAC) of 4491.56 tons. As for sardinella catches currently estimated at 1942.84 tons, should decrease by 6.96% to reach a TAC of 1807.61 tons.

Keywords: *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, age-growth, reproduction, biomass, exploitation, Algeria.

المخلص.

تم دراسة بيولوجيا وديناميكيات السردين *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) و *Sardinella aurita* (Valencienne, 1847) في الساحل الشرقي الجزائري، من أجل التغلب على الثغرات في البيانات المتعلقة استغلال مصائد الأسماك.

خلال الفترة من نوفمبر 2012 إلى أكتوبر 2013، قمنا بتحليل مجموعة 1146 السردين و 1033 سردينيا. ونوقشت خمسة جوانب: قياس مورفومتري، العمر، النمو، التكاثر، الوفيات واستغلال حالة المخزون.

تميزت المورفولوجيا في كلا النوعين، من خلال تحليل 15 متري و 4 معايير المريستكية، تم العثور على ارتباط كبير جدا لجميع المعلمات المتري مقارنة مع الطول الكلي أو الرأس. في السكان الكلي من السردين مختلف نمو أجزاء الجسم متساوي القياس في ب 50٪، في حين السردينيا تنمو نمو من النوع الرئيسي majorante ويمثل 57٪. وتبين نتائج المعلمات المريستكية أن عدد الفقرات هو المعيار الوحيد المقبول لتنظيم المخزونات.

تم التحقق من الأعمار التي تم الحصول عليها عن طريق القياس الحجمي لعظم الأذن otolithométrie من قبل طريقة (Bhattacharya 1967) وذلك بفضل فيسات الثاني FISAT II (Gayanilo et al., 2005)، ونقيم هذه التقنيتين العمر إلى 6 و 5 سنوات على التوالي للسردين كما هو الحال لسردينيا. إن معايير النمو 3 فون بيرتالانفي von Bertalanffy، التي حصل عليها بفونبيت New VONBIT (Stamatopoulos, 2005) وستستعمل لتقييم حالة المخزونات، تبين أن النوعين لهما نمو سريع، في مجموع سكان السردين $L_{\infty} = 21.58$ سم و $K = 0.39$ و $t_0 = -0.086$ وفي السردينيا $L_{\infty} = 26.68$ سم مع $K = 0.41$ و $t_0 = -0.085$. عند 2 clupéidés يزيد الوزن أسرع من المكعب طوالها الإجمالية مع ب < 3.

تم دراسة الاستنساخ من خلال حساب نسبة الجنس، الفحص العياني لغدد التناسلية، L_{50} و مؤشر فولتون K. نسبة الجنس هو لصالح الإناث مع على التوالي 1.46 في *S. pilchardus* و 1.11 في *S. aurita*. يتميز النوعان و الجنسين، ب 5 مراحل من النضج الجنسي. يتم الحصول على النضج الجنسي الأول (L_{50}) خلال السنة الأولى من الحياة من 11.80 سم في السردين و 13.70 سم في السردينيا. فترة الاستنساخ المحسوبة من R.G.S ومؤشر فولتون هي بين نوفمبر أبريل للسماك السردين وبين جوان وسبتمبر لسردينيا.

أما معامل وفيات الصيد (F) فهي 1.54 سنة للسماك السردين و 1.47 سنة لسردينيا، في حين أن معدلات الوفيات الطبيعية (M) هي 0.41 سنة و 0.40 سنة على التوالي. ($E < 0.5$) لكلا النوعين. تم حساب حجم التقاط الأول، مؤشر تخطيطي للاستغلال، وقد قدر ب 8.71 سم لي *S. pilchardus* والعمر ب 0.74 سنة و ب 9.23 سم لي *S. aurita* والعمر ب 0.67 سنة.

تحليل السكان الظاهري الظاهري (VPA) من قبل البرنامج VIT (Leonart et Salat, 2000) يدل على وجود حالة من الإفراط في الاستغلال في كل من السردين والسردينيا.

لحد من خطر انهيار المخزون، ننصح بتعديل إنتاج 2 clupéidés إلى $Y_{0.1} / R$ المقابلة لجهد الصيد $F_{0.1}$ ، التي تعتبر القيمة المستهدفة. وفي الوقت الحالي، يتوقع أن تنخفض المصيد السنوي من سمك السردين البالغ حوالي 4865.31 طن بنسبة 7.68٪ إلى إجمالي المصيد المسموح به (TAC) البالغ 4491.56 طن. أما بالنسبة لمصائد السردينيا الحالية المقدرة في 1942.84 طن، فإنها ينبغي أن تنخفض بنسبة 6.96٪ لتصل إلى TAC 1807.61 طن.

مفاتيح الكلمات: ساردينا بيلشاردوس *Sardina pilchardus*، ساردينيا أوريتا *Sardinella aurita*، العمر - النمو، التكاثر، الكتلة الحيوية، الاستغلال، الجزائر.

Références bibliographiques

A

- Abad R. & 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), *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 9 (1), 145-155.
- Abad R., Miquel J., Iglesias M. & Alvarez F., 1998.** Acoustic estimation of abundance and distribution of sardine in the Northwestern Mediterranean. *Fisheries research*, 34: 239-245.
- Adam G., 1997.** L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L. 1758): dynamique de la sous population du Lac de Grand Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. *Thèse de doctorat Cemagref, Université Paul Sabatier Toulouse*. 353 p.
- Abella A. J., Caddy J.F. & Serena F., 1997.** Do natural mortality and availability decline with age. An alternative paradigm for juvenile fisheries, illustrated by the hake *Merluccius merluccius* fishery in the Mediterranean. *Aquat. Living. Resour.* 10 : 257-269.
- Aguirre H. & Lombarte A., 1999.** Ecomorphological comparaisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus*. *J.Fish. Biol.*, 55: 105-114.
- Aldebert Y. & Tournier H., 1971.** La reproduction de la sardine et de l'anchois dans le golfe du Lion. - Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 35 (1) : 57-75.
- Aleman F. & Alvarez F., 1993.** Growth differences among sardine (*Sardina pilchardus*), populations in the western Mediterranean. In: Lleonart J. (ed.), *Northwestern Mediteranean Fisheries*, Vol.57, Issues 2-3. Scientia Marina, pp.229-234.
- Alheit J. & Hagen E., 1997.** Long-term climate forcing of European herring and sardine populations. *Fisheries Oceanography* 6 (2): 130-139.
- Allain V., 1999.** Ecologie, biologie et exploitation des populations de poissons profonds de l'Atlantique du Nord-Est. *Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale*, 373 pp.
- Alvarez F., 1980.** Growth studies of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in Galician waters. (N. W. Spain). *ICES C.M.* 1981/ H: 29:11 p.
- Alvarez F., Motos L., Uriarte A. & Egaña J., 2001.** Spatial and temporal distribution of european hake, *Merluccius merluccius* (L.), eggs and larvae in relation to hydrographical conditions in the Bay of Biscay. *Fisheries Research* 50: 111-128.
- Alvaro J. A., 1995.** Use of single species reproduction based reference points for the Mediterranean demersal fisheries management. *Rapp de la première réunion du groupe de travail DYNPOP du CIESM Tunis*, (10), 85-102.
- Amenzoui K., Ferhan F., Yahyaoui A., Mesfioui A.H. & Kifani S., 2001.** Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 2004-2005, n°26-27, 43-50.
- Amenzoui K., Ferhan-Tachinante F., Yahyaoui A., Mesfioui A. H. & Kifani S., 2005.** Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de Laâyoune (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 2004-2005, n°26-27, 43-50.
- Amenzoui K., Tachinanate F.F., yahyaoui A., Kifani S. & Mesfioui A.H., 2006.** Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off Moroccan Atlantic coast. *C.R.Biologies* 329 (2006) 892-901.
- Amenzoui K., 2010.** Variabilité des caractéristiques biologiques de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) exploitée au niveau des zones de Safi, Agadir et Laâyoune (côtes atlantiques marocaines). *Thèse de doctorat .Univ Mohammed V – AGDAL. Faculté des sciences. Rabat. Pp 309*.
- Ananiades C.I., 1951.** Quelques considérations biométriques sur l'allache (*S. aurita* CUY. VAL.) des eaux grecques. *PraktiklJ of the Hellenic Hydrobiological Institute*, 5 (1): 5-45.
- Ananiades C.I., 1952.** Quelques considérations biométriques sur l'allache (*Sardinella aurita* C.V.). *Prakt. Hell. Hydrobiol. Inst.* 5 (1): 1-45.
- Andreu B. J., Rodriguea-Rda. & Larraneta M.G., 1950.** Contribution al estudio de la telle, edad y crecimiento de la sardina (*Sardina pilchardus*, Walb.) de las costas espanolas de Lovante (Noviembre 1949-Mayo 1950). *Publ. Inst. Biol. Apl. Barc.* (7) :159-189.
- Andreu B. J., 1953.** Sobre la relacion entre et numera de branquispinas y la talla en la Sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) espanola. - *Boil. fnst. esp. Oceanogr.* n° 62: 3-28.
- Andreu B. J. et Rodriguez-Roda J., 1959.** Considération sur la proportion des sexes dans la pêche de poissons pélagiques dans la Méditerranée et leur signification stat. *Vie et Milieu. Suppl.*, 2: 271-281.

- Andreu B. J., 1969.** Las branquispinas en la caracterizacion de las poblaciones de *Sardina pilchardus* (Walb.). Inv. Pesq. 33 (2): 426-607.
- Anonyme., 1976.** Extension du port d'Annaba. Etude générale des conditions naturelles dans le golfe (Synthèse finale du LCHF). 41 p.
- Anonyme., 2000.** Minitab. Reference manual, release 13. 2 for windows & A State College Minitab. 1047 p.
- Anyangwa T.A., 1991.** Aspects of the biology and ecology of the family Clupeidae in the coastal waters of Sierra Leone. Institute of Marine Biology and Oceanography, Fourah Bay College, University of Sierra Leone, Freetown. M.S. thesis, 1-19.
- Arai T., Limbong D. & Tsukamoto K., 2000.** Validation of otolith daily increments in the tropical eel *Anguilla celebesensis*. Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie 78, 1078-1084.
- Arellano R.V., Hamerlynck O., Vinex M., Mees J., Hostens K. & Gijssels W., 1995.** Changes in the ratio of the sulcus ascusticus area to the Sagitta area of *Pomatoschistus minutes* and *P. lozanoi* (Pisces, Gobiidae). Mar. Biol., 122: 355-360.
- Arneri E., Colella S. & Giannetti G., 2001.** Age determination and growth of turbot and brill in the Adriatic Sea: Reversal of the seasonal pattern of otolith zone formation. Journal of Applied Ichthyology 17, 256-261.
- Arrizaga A., 1981.** Nuevos antecedentes biológicos para la sardina común, *Clupea (Strangomera) bentin* Norman 1936. Bol. Soc. Biol. Concepcion, 52: 5-66. Atlantiques du Maroc. (Saisons et aires de ponte), Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 23 (1) 79-104.
- Assassi C., 2001.** Projet de modélisation, Application du modèle ROMS dans le bassin algérien «Le courant algérien». Master, Université de la Méditerranée. Aix-Marseille II. 20p.
- Asso A., 1982.** Contribution à l'étude de pollution métallique chez la sardinelle *sardinella aurita* dans la région d'Alger, thèse de doctorat de 3^{ème} cycle d'Océanographie Biologique, Université d'Aix-Marseille II : 135p.
- Atarhouch T., Rüber L., Gonzalez E. G., Albert E. M., Rami M., Dakkak A. & 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.
- Athanassios C., Tsikliras. & Efthimia A., 2006.** Reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the north-eastern Mediterranean. Scientia marina 70 (2) June 2006, 281-290, Barcelona (Spain) ISSN: 0214-8358.

B

- Ba I.S., 1988.** Biologie et dynamique des populations d'anchois (*engraulis encrasicolus*) Des côtes mauritaniennes. Doctorat de 3^{ème} cycle. Université de Bretagne occidentale: 131p.
- Ba M., 1989.** Les ressources halieutiques de la zee mauritanienne description, évaluation et aménagement. Rapport du 2^{ème} Groupe de travail Cnrop/Fao/Orstom. Mauritanie, 15-22 nov 1988.
- Baali A., Yahyaoui A., Amenzoui K., Khalid Manchihi K. & Abderrazik W., 2015.** A preliminary study of reproduction, age and growth of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) in the southern of Atlantic Moroccan area. AACL Bioflux, 2015, Volume 8, Issue 6.
- Bacha, S. et Chauvelon, P., 1990.** Retrocalcul et otolithométrie sans contrainte de standardisation de lecture. Actes de Colloque National, Bondy: 128-138.
- Baillon N., 1992.** Otolithométrie: Revue et problèmes: (ed.) Tissus durs et âge individuel des vertébrés. Paris: ORSTOM-INRA, p 21-52.
- Bakun A., 1996.** Patterns in the Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California sea Grant, San Diego, California, Usa, in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico, 323p.
- Bandarra N.M., Batista I., Nunes M.L., Empis J.M. & Christie W.W., 1997.** Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). Journal of Food Science, 62, 40-42.
- Bauchot M.L., 2009.** Guide des poisons marins d'Europe. « Les guides du naturaliste », ed Delachaux et Niestle, 427p.
- Baumann H., Peck M.A. & Herrmann J., 2005.** Short-term decoupling of otolith and somatic growth induced by food level changes in postlarval Baltic sprat, *Sprattus sprattus*. Mar. Fres. Res., 56: 539-547.

- Brahmi B., Bennoui A. et Oualiken A., 1998.** Estimation de la croissance *S. pilchardus*, Walbaum, 1792) dans la région centre de la côte Algérienne. *Marine populations dynamics* vol.35.
- Barazi-Yeroulanos L., 2010.** Synthesis of Mediterranean marine finfish aquaculture – a marketing and promotion strategy. *Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean*. N°. 88 Rome, FAO. 2010: 198p.
- Batts S., 1972.** Sexual maturity and sex-ratio of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) (L.) in the North Carolina Waters, Trans. Am. Fish. Soc., 101 (4):626-637.
- Bauchot M.L. et Paras A., 1980.** Guide des poissons marins d'Europe. Ed : *Delachaux et Niestli. Lausanne*. Paris : 426p.
- Baye Cheikh Mbaye, 2015.** Etude de l'impact de l'environnement biophysique sur les premiers stades de vie de *Sardinella aurita* dans le système d'upwelling sénégal-mauritanien: modélisation saisonnière et interannuelle. *Océanographie*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2015.146p.
- Beamish R.J. & McFarlane G.A., 1983.** The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society* 112,735-743.
- Bebars M.I., 1981.** Exploitation rationnelle des pêcheries égyptiennes : Application aux pêcheries des sardinelles (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) de la baie de Selloum, Egypte. *Thèse Doctorale, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier* : p 1-354.
- Bedairia A., 2011.** Biologie, écologie et exploitation de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans le Littoral Est - Algérien. *Thèse de doctorat, Univ d'Annaba* : 204 p.
- Begg G.A. & Waldman J.R., 1999.** An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research* 43 (1999) 35-44.
- Begg G.A., Friedland K.D. & Pearce J.B., 1999.** Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management - an overview. *Fisheries Research* 43, 1–8.
- Begg G.A. & Brown R.W., 2000.** Stock Identification of Haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank Based on Otolith Shape Analysis. *Transactions of the American Fisheries Society* 129, 935-945.
- Belhoucine F., 2012.** Etude de la biologie de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (*Merluccius merluccius* L., 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zinc, plomb et cadmium) dans la baie d'Oran. *Thèses de Doctorat. Université Ahmed Benbela. Oran*. p 275.
- Belifa Z., Bouchereau J. L. et tomasini J. A., 1984.** Le nombre de vertèbres chez *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) des côtes oranaises (Algérie) comme caractère mèristique. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29, 8. CIESM, Lucerne, Suisse; 11-19 octobre 1984.
- Belkessa R., Houma F., Ciortan R. & Mezouar K., 2008.** Protection Works Of The Sea Coast In Algeria. *Copdec VII. Dubai. UAE. Paper N°: S-26*.
- Belouahem S., 2009.** Estimation de la Biomasse Exploitable de la Sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) du golfe d'Annaba. *Mémoire de Magister, Université Badji-Mokhtar, Annaba*. Algérie: Pp 135.
- Belvèze H. et Rami M., 1978.** Détermination de l'âge de la sardine marocaine (*Sardina pilchardus* W.). Eléments de croissance comparés. *Bull. Inst. Pêches Marit. Casablanca* (23):57-81.
- Belvèze H. et Bravo de Laguna J., 1980.** Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est deuxième partie: les ressources de la côte Ouest –Africaine entre 24°N et le Détroit de Gibraltar. *FAO Document sur les pêches* 186, 64 pp.
- Belvèze H. & Erzini K., 1983.** The influence of hydroclimatic factors on the availability of the sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum) in the Moroccan Atlantic fishery. In *Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources*. San Jose, Costa Rica. *FAO Fishery Report* 291(2) : 285-328.
- Belvèze H., 1984.** Biologie et dynamique des populations de sardine (*Sardina pilchardus*) peuplant les côtes atlantiques et proposition pour un aménagement des pêcheries. *Thèse de doctorat d'Etat. Université Brest Occidentale*. 531p.
- Benchalel W., 2010.** Biologie et dynamique du sar commun *Diplodus sargus sargus* (linnaeus, 1758) Des côtes de l'est algérien. *Thèse de doctorat, Univ Annaba*. 191p.
- 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 6^{ème} consultation technique du conseil général des pêches*.

- Ben Tuvia A., 1956.** The biology of *Sardinella aurita* with a systematic account of the family Clupeidae of the Mediterranean coast of Israel. *Fish. Bull., Haifa* (7):20-24; (8):14-15, 20-25.
- Ben-Tuvia A., 1958.** Investigations of *Sardinella aurita* fisheries. *Fish. Bull. Haifa*, (17) : 61-71.
- Ben-Tuvia A., 1960.** Synopsis of biological data on sardinella aurita of the Mediterranean sea and other waters. *FAO Fisheries Biology Synopsis.*, pages 287–312.
- Ben-Tuvia A., 1963.** Systematics and ecology of Indo-Pacific fishes recently established in the Eastern Mediterranean. *Proc. 16th Intern. Cong. Zool. (Washington, D.C., Aug. 1963)* 1:115.
- Benaldjia A., 2014.** Etude biométrique comparée de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) du littoral Algérien. *Mémoire de Magister, Université 20 août 1955, Skikda*, 124 p.
- Benchalel W., 2010.** Biologie et dynamique du sar commun *Diplodus sargus sargus* (linnaeus, 1758) des côtes de l'est algérien. *Thèse de doctorat, Univ Annaba*. 191p.
- Benina R., 2015.** Biologie et exploitation de la bogue *Boops boops* (Linné, 1758) dans la Baie de Bou-Ismaïl. *Thèses de Doctorat L.M.D. Université Ahmed Benbela. Oran*. p153.
- Bennoui A. et Naghli L., 2009.** Rapport de participation à la compagne: Evaluation des ressources pélagiques ECOMED 2009.10p.
- Bensahla Talet L., 2014.** Biologie et dynamique de la population du pageot argenté. *Pagellus acarne* (Risso, 1827) pêché dans la baie d'Oran. *Thèse doctorat, Univ Oran*. 119p.
- Benzohra M. & Millot C., 1995.** Characteristics and circulation of surface and intermediate water masses off Algeria. *Deep-sea recheach I. Vol. 421*, 1803-1830.
- Benzohra M., 1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méd du Maghreb, 9-11 novembre 1992, INOC: 33-44.
- Bernal M., Stratoudakis Y., Coombs S., Angelico M.M., Lago de Lanzos A., Porteiro C., Sagarmínaga Y., Santos M., Uriarte A., Cunha E., Valdés L. & Borchers D., 2007.** Sardine spawning off the European Atlantic coast : Characterization of spatio-temporal variability in spawning habitat. *Prog.Oceanog.*, 74,210-227.
- Bertalanffy L. V., 1938.** A quantitative theory of organic growth. (Inquiries on growth laws II). *Hum. Biol.* 10: 181-213.
- Bertin L., 1951.** Catalogue des types de poissons du Muséum national d'histoire naturelle ("Catalogue of Fish Types in the National Museum of Natural History") (in French). Paris: Muséum national d'histoire naturelle.
- Bertin L., 1958.** L'appareil digestif des poissons. In Grasse, Traite de zoologie (Anatomie, Systematique, Biologie) – Agnathes et poissons : Anatomie, éthologie, systématique. Masson (eds.), Paris T. XIII, II : 926 – 1812.
- Bethoux J.P. & B. Gentili., 1999.** Functioning of the Mediterranean Sea: past and present changes related to freshwater input and climate changes. *J. Mar. Syst.*, 20: 33-47.
- Beverton R.J.H. & Holt S.J., 1956.** - A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P.-V. Reun. CIEM*, 140 : 67-83.
- Beverton R.J.H. & Holt S. J., 1957.** On the dynamics of exploited fish populations. *U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest (Ser. 2)* 19: 1-533.
- Beverton R. J. H. & Holt S. J., 1959.** A review of the life spans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. In CIBA Foundation, colloquia on ageing. Vol.5. The lifespan of animals, edited by G. E. W. Wolstenholme and M. O'Connor. London, Churchill, Vol. 5: 142-80.
- Beyer J.E., 1991.** On length-weight relationships. Computing mean weights from length statistics. *Fish byte* 9 (1991), 50-54: pp.
- Bhattacharya C.G., 1967.** A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23 (1): 115-135.
- Bieder R. C., 1971.** Age and growth in the American eel, *Anguilla rostrata* (Le Sueur), in R. I. M. Sc. Thesis in Zoology, University of Rhode Island, Kingston, R. I. 42 p.
- Billard R., Breton B., Fostier A., Jalabert B. & Well C., 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.
- Binet D., Samb B., Taleb Sidi M., Levenez J.J. & Servain J., 1998.** Sardines and other pelagic fisheries changes associated with trade wind increases in the Canary current upwelling (26°N-14°N),

- late 1960s-early 1990. In : Durand M.H., Mendelssohn R., Cury P., Roy C., Pauly D. (eds). Global versus local changes in upwelling systems. *Collection & Séminaires. Orstom, Paris*, pp. 211-233.
- Blaxter J.H.S., 1958.** The racial problem in herring from the viewpoint of recent physiological, evolutionary and genetical theory. *Rapp. Cons. Explor. Mer*, 143 (2): 10-19.
- Blaxter J.H.S. & Hunter J.R., 1982.** The biology of clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.*, 29 :1-223.
- Bode A., Alvarez-Ossorio M.T., Carrera P. & Lorenzo J., 2004.** Reconstruction of trophic pathways between plankton and the North Iberian sardine (*Sardina pilchardus*) using stable isotopes. *Scientia Marina* 68, 165-178.
- Boely T. et Champagnat C., 1966.** Etude préliminaire de quelques caractères de *Sardinella eba* (C. et V.) des côtes du Sénégal. ICES CM 19671.J: 8 (mimeo).
- Boely T. et Champagnat C., 1970.** Observations préliminaires sur *Sardinella aurita* (C. V.) des côtes sénégalaises. *Rapp. P. V. Cons. Int. Explor. Mer*, 159 : 176-181.
- Boely T. J. Chabanne P., Fréon P. et Stequert B., 1978.** Cycle sexuel et migrations de *Sardinella aurita* sur le plateau ouest-africain, des Iles Bissagos à la Mauritanie. *Symposium sur le courant des Canaries : Upwelling et ressources vivantes*, Las Palmas 11-14 avril 1978, comm., 92, 12 p.
- 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.
- Boely T., Freon P. et Stequert B., 1982.** La croissance de *Sardinella aurita* (Val. 1847) au Sénégal. *Oceanogr. Trop.* 17:103-119.
- Bolles K.L. & Begg, G.A., 2000.** Distinction between silver hake (*Merluccius bilinearis*) stocks in U.S. waters of the northern Atlantic based on whole otolith morphometrics. *Fisheries Bulletin* 98.
- Botros G. A., El-Maghraby A. M. & Soliman I.A.M., 1970.** Biometrics studies in *Sardinella maderensis* Lowe and *Sardinella aurita* from the Mediterranean Sea at Alexandria (U.A.R.). *Bull. Inst. Oceanogr. Fisheries*, 1 : 85-128.
- Bouaziz A., Bennoui A., Brahmi B. & Semroud R., 2001.** Sur l'estimation de l'état d'exploitation de la sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) de la région centre de la côte algérienne. *Rapp. Comm. int. mer Médit.*, 36: 244.
- Bouaziz A., 2007.** La sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) des côtes algériennes: distribution, biologie et estimation des biomasses. *Thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie "Houari Boumediene". Alger*. p135.
- Bouaziz A., Kerzabi F. & Brahmi B., 2014.** Impact of the natural mortality (m) variability on the evaluation of the exploitable stock of sardine, *sardina pilchardus* (actinopterygi: Clupeiformes: clupeidae) of the central region of the Algerian coast. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* (2014) 44 (2): 87–97.
- Boubekour M S., 2011.** Gestion écosystémique d'une ressource marine : cas de la *sardinella aurita* (Valenciennes, 1847). *Mémoire de master, univ. Badji Mokhtar, Annaba*. 35 p.
- 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^{ème} 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.
- Boufligha K., 2014.** Etude biométrique comparée de l'allache *Sardirdinelle aurita* (Valencienne, 1847) du littoral Algérien. *Mémoire de Magister, Université 20 août 1955, Skikda*, 113 p.
- Bougis P., 1952.** Rapport hépato-somatique et rapport gonado-somatique chez *Mullus barbatus* L. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 74 (6): 326-330.
- Bouhali F., 2016.** Contribution à l'étude de la biologie et de l'histologie du tractus digestif chez *S. pilchardus* (Walbaum, 1792) pêchée dans la région-Est algérienne: Annaba et El Tarf. *Thèse de doctorat Univ d'Annaba*: 134 p.
- Bounhiol J. P., 1921.** Sur la biologie de l'allache (*Sardinella aurita* Valenc.) des côtes d'Algérie. *Rapp. Présenté au Congrès de Strasbourg de l'Assoc. Franc. Avanc. Sci.* 1920.
- Boutiba Z., 1992.** Les mammifères marins d'Algérie. Statut, Répartition, Biologie et Ecologie. Thèse Doct. Etat. *Univ. Oran*: 575 p.
- Boutiba Z., Taleb Z. & Abiayad S., 2003.** Etat de la pollution marine de la côte oranaise. *Edit Dar El Gharb*. 69 p.

- 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. & Santana J. C., 1976.** The Spanish fishery on sardine (*Sardina Pilchardus*) off West Afrika. ICES C.M.J13 Pelagic fish (Southern) committee, 19 pp.
- Brothers E. B., 1981.** What can otolith microstructure tell us about daily and subdaily events in the early life history of fish? *Rapports et Procès-verbaux des réunions du Conseil international pour l'exploration de la mer* 178, 393-394.
- Brothers E. B. & Mathews C. P., 1987.** Application of otolith microstructural studies to age determination of some commercially valuable fish of the Arabian gulf. *Kuwait Bulletin of Marine Science*, 9 : 127-177.
- Burns J. R., 1985.** The effect of low-latitude photoperiods on the reproduction of female and male *Poeciliopsis gracilis* and *Poecilia sphenops*. *Copeia*: 961-965. pélagiques ECOMED 2009.
- Bye V., 1984.** The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. In: Potts, G.W, R.J. (Eds.), *Fish reproduction: Strategies and Tactics*. Academic Press, London, pp: 187 - 205.

C

- Caddy J.F. et Bouaziz A., 1998.** Impact des taux de mortalité par âge sur la dynamique des populations et le diagnostic des stocks exploités en Méditerranée. *Rap. Tech. DYNPOP (CIESM-CIHEAM); Zaragoza (Espagne)*: 28-31 janvier 1998.1-11.
- Caddy J.F., 1998.** The relevance of recent international agreements on fisheries and some perspectives on assessment and management of Mediterranean fisheries. *Cah. Options Medit.*, (35), 169-181.
- Caddy J.F. & Mahon R., 1995.** Reference points for fishery management. *FAO Fish. Tech. Pap.* 349: 80 p.
- Cadima E.L., 2002.** Manuel d'évaluation des ressources halieutiques. FAO Document technique sur les peches. N° 393. Rome, 1-160.
- Cadrin S.X., Kerr L.A. & Mariani, S., 2013.** Stock identification methods: applications in fishery science. Academic Press.
- Cailliet G.M, Smith WD, Mollet H.F. & Goldman K.J., 2006.** Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ Biol Fish* 77:211–228.
- Camarena Luhrs T., 1986.** Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal: biologie et évaluation des ressources. *Thèse de Doctorat Univ. Bretagne Occidentale, France*, 1-187.
- Campana S. E. & Neilson J. D., 1985.** Microstructure of fish otoliths. *Can. 1. Fish. Aquat. Sci.* 42: 101 4-3 032.
- Campana S. E., 1992.** Measurement and interpretation of the microstructure of fish otoliths. In: D.K. Stevenson and S.E. Campana (editors). *Otoliths microstructure examination and analysis*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117: 59-71.
- Campana S.E. & Casselman J.M., 1993.** Stock Discrimination Using Otolith Shape Analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50, 1062-1083.
- Campana S.E., 2001.** Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods». *J. Fish Biol.* 59: 197-242.
- Campillo A., 1992.** Les pêcheries françaises de Méditerranée: synthèse des connaissances. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, France.
- Carvalho G.R., Bembo D.G., Carone A., Giesbrecht G., Cingolani N. & Pitcher T.J., 1994.** Stock discrimination in relation to the assessment of Adriatic anchovy and sardine fisheries, Final Project Report to the Commission of the European Communities, EC XIV-1/MED/91001/A.
- Casselman J. M., 1982.** Chemical analyses of the optically different zones in eel otoliths. p. 74-82. In: Loftus, K. H. (Ed.). *Proceedings of the 1980 North American eel conference*. Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, Ontario Fisheries Technical Reports Series No. 4, 97 p.
- Casselman J. M., 1987.** Determination of age and growth. In: Weatherley, A.H., Gill, H.S. (eds.), *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London, pp. 209-242.
- Casselman J. M., 1996.** Age, growth and environmental requirements of pike, *Esox lucius*. In *Pike: biology and exploitation* (Craig, J., ed.), pp. 69-101. London, UK: Chapman and Hall.

- Cassie R.M., 1954.** Some uses of probability paper in the analysis of frequency distribution – *Aust J Mar rreshw. Res.*, 5: 513-522.
- Castagne N., Millot C., Olry J.P., Le Borgne P. & Le Vourch J., 1992.** Atlas des fronts thermiques en Méditerranée d'après l'imagerie satellitaire. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 16: 10-16.
- Castanet J, Meunier E. & Ricqlès A., (de) 1977.** L'enregistrement de la croissance cyclique par le tissu osseux chez les Vertébrés poïkilothermes: données comparatives et essai de synthèse. *Bulletin Biologique de France et de Belgique* Ill, 183-202.
- CGPM., 1981a.** Rapport de la consultation technique sur les méthodologies utilisées dans la lecture de l'âge des poissons. (Montpellier, 5 – 9 octobre 1981) FPIL/R 257: 104 p.
- CGPM., 1981b.** Rapport de la deuxième consultation technique sur l'évaluation des stocks dans les divisions statistiques Baléares et Golfe du Lion. (Casablanca, 7 - 11 décembre) FIPL / R 263: 165 p.
- Chapman D.G. & Robson D. S., 1960.** The analysis of a catch curve. *Biometrics*, 16:354-368.
- Charon I., Hemandez F. et Sureau J., 2006.** Température de surface de la Méditerranée [en ligne]. Disponible à WWW.mercator-ocean.fr [cité en 2006].
- Chauvet C., 1986.** Exploitation des poissons en milieu lagunaire méditerranéen. Dynamique du peuplement ichtyologique de la lagune de Tunis et des populations exploitées par des bordigues (Muges, loups et daurades). *Thèses de Doctorat. Perpignan*, 555.
- 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. *Tethys*, 9, 4, 399- 413.
- Chavance P., Chabane F., Hemida F., Korichi H.S., Sanchez M.P., Bouchereau G.L., Tomasini G.A. et Djabali F., 1985.** Evaluation du rendement par recrue relatif à partir de fréquences de tailles : application à quelques stocks d'anchois, de sardinelles et de chinchards de la Méditerranée occidentale. *FAO Rapp. Pêches*. (347) : 186-220.
- Chavance P., Ba I. et Krivospichenko S., 1991.** Les ressources pélagiques de la ZEE mauritanienne. *Bull. Centr. Nat. Rech. Océanogr et des Pêches, Nouadhibou*. Vol. 23 : 28 –72.
- Cheibany A., 1990.** Méthodes d'étude des paramètres biologiques. *Rapp. Stage fin d'études CNROP. Nouadhibou*.
- Cheniti S., 2003.** Les petits pélagiques de l'extrême ouest algérien. *Centre National d'Etudes et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture, mise en place d'un réseau d'échantillonnage* : p 9-15.
- Chlaida M., Ettahiri O., Planes S., Jaziri H., Kifani S. & Ben cherifi S., 2008.** In Relationship between genetic structure and ichtyologic 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.
- Chlaida M., 2009.** Variabilité allozymique associée au flux migratoire des populations de sardine, *sardina pilchardus*, le long de la côte Nord-ouest africaine. *Thèse de doctorat. Univ Mohammed V. Rabat*- 96p.
- Christensen J.M., 1964.** Buming of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 29(1) : 73-81.
- CIEM., 2006.** Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management, Advisory Committee on the Marine Environment and Advisory Committee on Ecosystem, ICES Advice, p. 119.
- CNDPA., 2013.** Rapport statistique annuel de l'activité de pêche en Algérie de l'année 2013: pp 128.
- Conand C., 1977.** Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle ronde, *Sardinella aurita* : Pêche sardinière dakaroise en 1975 et premier semestre 1976. *Cah. ORSTOM, Ser. Oceanogr.*, vol, XV, n° 4: 301 – 312.
- Conway D.J., Greenwood B.M. & Mc Bride J.S., 1991.** Epidemiology of multiple-clone Plasmodium falciparum infections in Gambian patients. *Parasitology* 103, 1-6.
- Coombs S.H., Boyra G., Rueda L.D., Uriate A., Santos M., Conway D.V.P. & Halliday N.C., 2004.** Buoyancy measurements and vertical distribution of eggs of sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Mar. Biol.*, 145: 959- 970.
- Coombs S.H., Smyth T.J., Conway D.V.P., Halliday N.C., Bernal M., Stratoudakis, Y. & Alvarez P., 2006.** Spawning season and temperature relations for sardine (*Sardina pilchardus*) in the eastern North Atlantic. *J.Mar.Biol.Ass. U.K.*, 86, 1245-1252.

- Cooper A.B., 2006.** A Guide to Fisheries Stock Assessment From Data to Recommendations. Department of Natural Resources. University of New Hampshire. Edited and designed by Kirsten Weir.NH Sea Grant College Program NH 03824 Kingman Farm, University of New Hampshire Durham, NH 03824 603.749.1565. 44p.
- 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 (*S. pilchardus*, Walb.). COPAC/TECH/78/8/Dakar (fr.): 9 p.
- Copace, FAO., 1994.** Groupe de travail *ad hoc* sur les sardines, sardinelles et autres espèces de petits pélagiques cotiers de la zone Nord du COPACE/PACE Série 91/58, Rome, 1-13.
- Correia A.T., Barros F. & Sial A.N., 2011.** Stock discrimination of European conger eel (Conger conger L.) using otolith stable isotope ratios. *Fisheries Research* 108, 88-94.
- Corten A. & van Kamp G., 1996.** Variation in the abundance of southern fish species in the southern North Sea in relation to hydrography and wind. *ICES, Journal of Marine Science*, 53: 1113- 1119.
- Coude C., 1999.** Biologie des organismes marins de la Méditerranée. [http:// www. cotebleue. org/index.html](http://www.cotebleue.org/index.html).
- Cunha M.E., Garrido S. & Pissarra J., 2005.** The use of stomach fullness and colour indices to assess *Sardina pilchardus* feeding. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85, 425-431.
- Cury M.P. & Fontana A., 1988.** Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest africaines. *Aquat. Living Ressour.*, 1 : 165 – 180.
- Cury P. & Roy C., 1989.** Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (CAN), 46, 670-680.
- Cury P. et Roy, C., 1991.** Pêcheries Ouest Africaines; Variabilité, Instabilité et Changement. *ORSTOM Editions. ISBN 2-7099-1040-3*. 525 p.
- Cury P., Bakun A., Crawford R.J.M., Jarre A., Quiñones R.A., Shannon L.J. & Verheye H.M., 2000.** Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in "waspwaist" ecosystems. *Ices Journal of Marine Science*, 57, 603-618.
- Cushing D.H., 1996.** Towards a science of recruitment in fish populations. *In: Excellence in Ecology*, Book 7, Ecology Institut, Oldendorf/Scuhe, Germany.
- Cuvier G. et Valenciennes A., 1847.** Histoire naturelle des poissons. *Sénégal: Biologie et évaluation des ressources. PhD thesis, Université de Bretagne Occidentale*. Tome 19^{ème}. P Bertrand, Paris. 544 p.

D

- Daget J. et Le guen J. C., 1975.** Les critères d'âge chez les poissons. *In : Problèmes d'écologie. La démographie des populations de Vertébrés*, M. Lamotte et F. Bourlière (Eds.), Masson et Cie : 253-289.
- Dagnelie P., 1975.** Théories et méthodes statistiques. Applications agronomiques (2 vol.). Gembloux, Presse Agronomique, 378-451 p.
- Dagnelie P., 1998.** Statistique théorique et appliquée. Tome 1 : statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. Bruxelles : De Boeck et Larcier, 508 p.
- Dahel A.T., Tahri M., Bensouilah M., Amara R. & Djebbar B., 2016.** Growth, age and reproduction of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) and *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Algerian eastern coasts. *AACL Bioflux*, Volume 9, Issue 5:1172-1180.
- Dahel A.T., Tahri M. & Djebbar Borhan., 2016.** Growth, age and reproduction of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) and *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Algerian eastern coasts. 10th Magrebian Congress on Marine Sciences and the 5th Franco-Maghrebian Congress of Zoology and Ichthyology, held at Fèz from 08th to 10th December 2016.
- Dahel A.T., Tahri M. & Djebbar Borhan., 2016.** Age estimation of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) and *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) in North East of Algeria. 10th Magrebian Congress on Marine Sciences and the 5th Franco-Maghrebian Congress of Zoology and Ichthyology, held at Fèz from 08th to 10th December 2016.
- Dahel A.T., Tahri M., Rachdi M., Nouara N., Bendjedid L. et Djebbar B., 2017.** Etude allométrique et morphométrique de la sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) des côtes Est algériennes. VI^{ème} Rencontre Tuniso-Francaise d'Ictyologie : 18-20 mars 2017.

- Dardignac J., 1989.** La pêche des juvéniles, ses effets sur la ressource et son renouvellement. *Mag. Ress. Viv. Mer, IFREMER, Equinoxe*, (26), 11-18.
- Darnaude A., 2012.** Migrations des poissons marins et microchimie des otolithes : avantages et limites d'une boîte noire naturelle, Université Montpellier II.
- De Casamajor M.N., Lecomte Finiger R. & Prouzet P., 2001.** Passé larvaire des civelles, *Anguilla anguilla* (Linne, 1758) en migration en zones côtière et estuarienne (Adour, golfe de Gascogne) à partir de l'examen des otolithes. 324, 1011-1019.
- Deelder C. L. & Willemsen J., 1964.** Synopsis of biological data on pike-perch *Lucioperca lucioperca* (Linnaeus) 1758. F AO Fisheries synopsis N° 28.
- Deelder C. L., 1976.** The problem of the super-numary zones in otoliths of the European eel (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)); a suggestion to cope with it. *Aquaculture*, 9: 373-379.
- Delgado A., Fernandez M.A.R. & Goni R., 1981.** Contribución al estudio de la sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) en aguas de Africa Occidental. III. Estudio del crecimiento por lectura directa de otolitos y por retrocálculo mediante escalimetría de escamas.. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6, 139-164.
- Delaruelle G., 2009.** Biologie de la reproduction de deux petits pélagiques, l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*), dans le golfe du Lion et première approche de la variabilité spatiale de leurs distributions. *Rapport de stage de Master. Ifremer*. 20p.
- Deme M., Thiao D., Fambaye N.S., Sarre A. and Diadhiou H.D., 2012** Dynamique des Populations de Sardinelles en Afrique du Nord-Ouest : Contraintes Environnementales, Biologiques et Socio Economiques. USAID/COMFISH project, Senegal, Univ of Rhode Island, Narragansett, RI 125 pp.
- Dement'eva F. F. & Mankevitch E. N., 1966.** Fluctuations in the growth of Cod in the barentz sea according to the environment. *Trudy Vses. Nauchno-issled. Insr. Morsk. Ryb. Khoz ; Okeanogr.*, 60 : 247-256.
- Demirhindi U., 1961.** Nutrition of the sardine (*Sardina pilchardus* Walb.), Technical Paper. GFCM pp. 253-259.
- De vlaming V.V., 1974.** Environmental and endocrine control of teleost reproduction, 13-83, In: Schreck C.R., Control of sex in fishes. Ext. Div., Virginia. Polytech. *Inst. State Univ.* Blacksburg. Virginia.
- Dieuzeide R., et Roland J., 1957.** Etude biométrique de *Sardina pilchardus* Walb et de *Sardinella aurita* C.V., capturées dans la baie de Castiglione. *Bull. Sta. Aquac. Pêches Castiglione*, (8) :111-216.
- Dieuzeide R., Novella M. et Roland J., 1959.** Catalogue des poissons des côtes algériennes. Tome II. Ostéoptérygiens. 2ème édition. Revue et augmentée: 299p.
- Dintheer F., 1982.** Premiers résultats des prospections par chalutage du talus de la côte orientale de la Corse. *FAO Rapp. Pêches* (266) : 97-100.
- Diouf K., Samb B. et Sylla M., 2010.** Contribution à la connaissance de la biologie des sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) du littoral sénégalais. Dans *FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture*. No. 18. Rome, FAO. pp. 39–56.
- Djabali F. et Mououb R., 1989.** Reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) de la région d'Alger. *Pélagos, Bull. Inst. Scient de la Mer et de l'Aménagement du Littoral*, 7, 1, 29-31.
- Djabali F., Brahmi B. et Mammasse M., 1990.** Poissons des côtes Algériennes. *ISMAL. Alger*. p58
- Djabali F., Mehailia A., Koudil M. & Brahimi B., 1993.** Assessment of equation for predicting natural mortality in Mediterranean teleost. *NAGA. The Iclarm. Quaterly*. 290x : 33-34.
- Doris., 2016.** Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques. <https://doris.ffesmm.fr/Especies/Sardina-pilchardus-Sardine-d-Europe-3095>.
- DPRHA., 2016.** Rapport sur le secteur de la pêche et de l'état environnemental du littoral de la Wilaya d'Annaba, 41P.
- DPRHET., 2016.** Rapport sur le secteur de la pêche dans la wilaya d'El Tarf. 14 p.
- Drouineau H., 2008.** Développement et ajustement d'un modèle de dynamique des populations structuré en longueur et spatialisé appliqué au stock Nord de merlu (*Merluccius merluccius*). Thèse de Doctorat. Ecole Nat Sup d'Agronomie de Rennes. Spécialité: Halieutique. N° Ordre : 2008-4. N° Série: H-73. 192 p.
- Dutil J.D. & Lambert Y., 1995.** Potential bias in growth rate measurements associated with differential mortality of cod in poor condition: the case of cod in the northern Gulf of St. Lawrence. *ICES C.M.*, 1995/P : 07, 1-9

Dwivedi S.N., 1964. Ecologie, morphologie et biologie compares des espèces du genre *Lepidorhombus*: *L. megastoma* (Donovan) et *L. boscii* (Risso), étude de leurs races et populations. Rev. Trav.Inst. Pêches Marit. 28 (4): 321-399.

E

El-Maghraby A.M., 1969. The occurrence and distribution of pelagic copepods in the Eastern Mediterranean off the Egyptian coast. Proc. gen.Fish.Coun.Medit,v8/45-64.

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

F

Facey D. E. & LaBar G. W., 1981. Biology of the American eels in Lake Champlain, Vermont. Transactions of the American Fisheries Society, 110: 396-402.

Fage L., 1920. *Engraulidae. Clupeidae. -Report on the danish Oceanogr. Expéd. (1908 /910) to the Mediterr. and adjacent Seas*, II, A9. 117.

Fage L., 1947. Sur la signification du terme « race » en ichthyologie. Discours à l'Assemblée générale de la Société zoologique de France. -*Bull. Soc. zool. France*, 72: 101.

FAM., 2013. Le marché mondial des petits pélagiques, production et échanges. Les synthèses de France Agri Mer, novembre 2013.

FAO., 1996. Precautionary approach to fisheries. *FAO Fish. Tech. Papp.* 350 (2), 1- 210.

FAO., 2001. Sardine otolith workshop. *FAO Fisheries Report*, 685, 49 pp.

FAO., 2007. Report of the working Group on the assessment of small-pelagic fish off northwest Africa. *FAO Fisheries Report*, 849, 3pp.

FAO., 2008. Report of the working Group on the assessment of small-pelagic fish off northwest Africa. *FAO Fisheries and Aquaculture N ° Report*, 882,117-118pp.

FAO., 2011. Rapport de l'Atelier sur l'otolithe de sardine (*Sardina pilchardus*). *FAO rapport sur les pêches N° 685*, 50 pp.

FAO., 2012. Fao working group on the assessment of small pelagic fish off northwest africa. *FAO fisheries and aquaculture n° report*, 1036, 256 p.

FAO., 2016. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016.Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome. 224 p.

Fisher J. P. & Percy W. G., 1983. Reproduction, growth and feeding of the mesopelagic fish *Tactostoma macropus* (Melanostomiatidae). *Marine Biology*, 74 : 257-267.

Fisher W., Bianchi G. & Scott W., 1981. Fiches fao d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est ; zone de pêche 34,47(en partie). Canada fonds de dépôt. Ottawa, ministère des pêcheries et océans, en accord avec l'organisation des nations-unies pour l'alimentation et l'agriculture, vols.1-7 : pages variables. *Journal of climate*.

Fisher W., Schneider M.L. et Bauchot M.L., 1987. Identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Fiches F.A.O., révision 1, Vol2, FAO Ed (Rome), Tome I et II : 1366p.

Font J., Millot C., Salas J., Julià A. & Chic O., 1998. The drift of Modified Atlantic Water from the Alboran Sea to the eastern Mediterranean. in *Scientia Marina* 62(3):211-216.

Fontana A., 1969. Etude de la maturité sexuelles de sardinelles *Sardinella eba* et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe Noire. *Cah ORSTOM. sér. Océanogr VII*, 2, 101-114.

Fontana A. et Pianet R., 1973. Biologie des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et *aurita* (Val.) des côtes du Congo et du Gabon. *Doc. Scient. Centre Pointe-Noire, O.R.S.T.O.M. (nouv. Ser.)*, 31 : 1-38.

Forest A., 2001. Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. Ifremer Eds, tome 2 : 215 pp.

Fortier J., 2012. Catalogue poisson eau de mer, *Sardinella aurita*. Aquaportail, publié le 14/07/2012. [https:// www.aquaportail. com/fiche-poisson -2796- sardinella-aurita.html](https://www.aquaportail.com/fiche-poisson -2796- sardinella-aurita.html).

Fossum P., Kalish J. & Moksness E., 2000. Special issue: 2nd International Symposium on Fosh Otolith Research and Application, Bergen, Norway, 20-25 June 1998. *Fisheries Research*, 46: 373 p.

Fowler H .W., 1941. Contribution to the biology of the Philippine Archipelago and adjacent regions. *Bull. U.S. Nat. Mus.*, 100: 1-879.

- Frehi H., 1995.** Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanctonique dans un écosystème marin côtier. Eutrophisation de la baie d'Annaba. *Thèse de Magister, Université Badji-Mokhtar, Algérie.*
- Fréon P. et Stequert B., 1979.** Note sur la présence de *Sardina pilchardus* (Walb.) au Sénégal : Etude de la biométrie et interprétation. *Cybiu* 6: 65-90.
- Fréon P., Boely T. et Stéquert B., 1979.** Les poissons pelagiques cottiens au Senegal: relations taille/poids des principales especes d'interet commercial.p.114-121.In raport of the ad hoc working group on West African coastal pelagic fish from Mauritania to Liberie (26°N TO 5°N).CECAF/ECAF Ser.78/10, FAO, Rome.
- Fréon P., 1984.** La variabilité des tailles individuelles à l'intérieur des cohortes et des bancs de poissons : 1.Observations et interprétation. *Oceanologica. Acta*, 7 (4), 457-468.ISSN0399-1784.
- Fréon P., 1988.** Réponses et adaptation 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. *ORSTOM Etudes et thèses, Paris*. 287p.
- Fréon P., El Khattabi M., Mendoza J. & Guzman R., 1997.** Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela. *Mar. Biol.*, 128: 363-372.
- Friedrich L.A. & Halden N.M., 2011.** Determining exposure history of northern pike and walleye to tailings effluence using trace metal uptake in otoliths. *Environmental Science and Technology*, 44, 1551-1558.
- Froese R. & Pauly D, (eds.), 2007.** FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (03/ 2007).
- Froese R. & Pauly D, (eds.), 2011.** FishBase. World Wide Web electronic publication.URL: www.fishbase.org, http://: www.fishbase.org (version 08/2011).
- Frost W. E., 1945a.** The age and growth of eels (*Anguilla anguilla*) from the Windermere catchment area. *Journal of Animal Ecology*, 14 (1): 26-36.
- Frost W. E., 1945b.** The age and growth of eels (*Anguilla anguilla*) from the Windermere catchment area. *Journal of Animal Ecology*, 14 (1): 106-124.
- Fry F.E.G., 1949.** Statistics of lake trout fishery. *Biometrics*, 5: 27-67.
- Fulton T.W., 1911.** The sovereignty of the sea; a historical account of 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. William Blackwood and Sons, Edinburgh and London. 799 p.
- Furnestin J., 1945.** Contribution à l'étude biologique de la sardine Atlantique (*Sardina pilchardus* Walbaum). Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille. 172 p.
- Furnestin J., 1950.** Les races de sardines du détroit de Gibraltar et ses bords. *Rapp P.V. Réunion. Cons. int. Explor. Mer* 126: 62-67.
- Furnestin J., 1952.** Biologie des Clupéidés méditerranéens. « Vie et Milieu », *Bull. J~ab. Arago*, suppl. n° 2 (Journées d'Etudes du Laboratoire Arago, mai 1951). p. 96-116.
- Furnestin J., 1959.** La reproduction de la sardine *Sardina pilchardus* et de l'anchois *Engraulis encrasicolus* des côtes Atlantiques du Maroc. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 23(1): 79 - 104.

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.
- Gaamour A., Missaoui H., Ben-Abdallah L. et El Ahmed A., 2001.** Paramètres biologiques de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) dans la région du Cap Bon (canal siculo-tunisien). *GFCM* : p 26-30.
- Gaamour A., Ben Abdallah L., Khemiri S. et Mili S., 2004.** Etudes de la biologie et de l'exploitation des petits pélagiques en Tunisie. *Med Sud Med Technical Documents* N° 5.
- Gaggiotti O.E. & Vetter R.D., 1999.** Effect of life history strategy, environmental variability, and overexploitation on the genetic diversity of pelagic fish populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56: 1376-1388.
- Gamulin T. 1954.** La ponte et les aires de ponte de la sardine dans l'adriatique. *Cons. Gén. Pêches Méditerranée*. N° 2, Document technique, 40: 229 - 232.

- Ganias K., Somarakis S., Koutsikopoulou, C. & Machias A., 2007.** Factors affecting the spawning period of sardines in tow highly oligotrophic Seas. *Marine Biology.*, 4, 1559-1569.
- Garcia S. & Albaret J.J., 1977.** Utilisation de la relation sex-ratio-taille pour la décomposition par sexe des structures démographiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15 (2): 83 - 87.
- Garcia S., 1982.** Distribution, migration and Spanning of the main fish resources in the northern CECAF Ana. FAO, CECAF/ECAF Series 82/25 (En): 9p.11.
- Gascuel D., 2008.** Dynamique des populations et gestion des stocks halieutiques. Support de cours en ligne, Agrocampus Ouest/Campus numérique ENVA Méd., Rennes, France, 125 pp.
- Gayanilo F.C., Pauly D. & Sparre P., 2004.** FISAT User's Guide. FISAT II. En ligne : <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/downloads> [cite le 04 avril 2005].
- Gayanilo Jr F.C., Sparre P. et Pauly D., 2005.** FAO-ICLARM Outils d'évaluation des stocks II (FiSAT II). Version révisée. Guide d'utilisation. *FAO Série informatique. Pêche. N°8, Version révisée.* Rome, FAO: 190 p.
- Geffen A.J., 1992.** Validation of otolith increment deposition rate. In *Otolith microstructure examination and analysis* (Stevenson, D. K. & Campana, S. E., ed.), pp. 101-113. Ottawa, Canada: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.
- Ghaidalia W. et Bourgeois F., 1961.** Influence de la température et de l'éclairement sur la distribution des crevettes de moyennes et de grandes profondeurs. *Gen. Fish. med.* N°1 :16.pp53-58.
- Ghéno Y., 1968.** Détermination de l'âge et croissance de *Sardinella aurita* (Valenciennes) de la région de Pointe Noire. *Centre ORSTOM. pointe Noire* N°. 430.
- Ghéno Y. et Le Guen J. C., 1968.** Détermination de l'âge et de la croissance de *Sardinella eba* (Val.) dans la région de Pointe Noire. *Cah. ORSTOM. ser. Océanogr.*, 6 (2): 70-82.
- Ghéno Y. et Poinsard F., 1968.** Observations sur les jeunes sardinelles de la baie de Pointe-Noire (Congo). *Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Oceanogr.*, 6 (2) : 53-67.
- Ghéno Y. et Fontana A., 1973.** La pêche des sardinelles à Pointe-Noire en 1970-1971-1972. Doc. Centre O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire, no 33, 9 p.
- Ghéno Y. et Fontana A., 1981.** Les stocks de petits pélagiques côtiers les sardinelles. In: Milieu marin et ressources halieutiques de la république de la république populaire du Congo, A. Document. ORSTOM, Paris., 138: 213-257.
- Giannoulaki M., Machias A. & Tsimenides N., 1999.** Ambient luminance and vertical migration of the sardine *Sardina pilchardus*. *Marine Ecology Progress Series* 178: 29-38. Bibliographie 201.
- Giraldez A. & Abad R., 1995.** Aspects on the reproductive biology of the western Mediterranean anchovy from the coasts of Malaga. *Scientia Marina*, 59 (1): 15 - 23.
- GFCM., 1981.** Working party on resource appraisal and fishery statistics report of technical consultation on stock assessment in the Balearic and Gulf of Lions statistical divisions, Palma de Mallorca, Spain. FAO Fish. Rep. 227, 151 p.
- Grall C.A., 1984.** Study of biology of the spanish sardine, *Sardinella aurita*, in Florida waters. *M. Sc. Thesis, Univ. of Miami.* 107p.
- Gray R. W. & Andrews C. W., 1971.** Age and growth of the American eel (*Anguilla rostrata* (LeSueur) in New foundland waters. *Canadian Journal of Zoology*, 49: 121-128.
- Gruvel A., 1926.** Faune générale des eaux algériennes. *Bull.Stn.Aqui.Pêche Castiglione*,(22):1-64.
- Guerault D. et Avrilla J.L., 1978.** La sardine de la côte des landres. *Pêche et biologie.* CIEM.C.M /H, 23 :18 p.
- Guerault D., 1980.** La croissance linéaire de la sardine du golfe de Gascogne. Ses variations à long terme. *CIEM.C.M/H*, 40: 9 p.
- Guisande C., Cabanas J.M., Vergara A.R. & Riveiro I., 2001.** Effect of climate on recruitment success of Atlantic Iberian sardine, *S. pilchardus*, *Marine Ecology Progress Series* 223: 243-250.
- Guillard J., Albaret J.J., Simier M., Sow I., Raffray J. & Tito de Morais L., 2004.** Spatio-temporal variability of fish assemblages in the Gambia Estuary (West Africa) observed by two vertical hydroacoustic methods: moored and mobile sampling. *Aqu. Liv. Res.*, 17, 47-55.
- Gulland J.A., 1971.** The fish resources of the ocean. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books), Ltd., for FAO, 255 p. *Rev. ed. of FAO Fish. Tech.Pap.*, (97):425 p.
- Gulland J. A. & Boerema L.K., 1973.** Scientific advice on catch levels. *Fish. Bull.* 71 (2): 325-335.
- Gusman R. & Gomez G., 2000.** Crecimiento, mortalidad y patron de reclutamiento de *Sardinella aurita* en el nororiente de Venezuela. *Zootecnia Tropical*.18 (2): 7-61.

H

- Haddon M. and Willis T.J., 1995.** Morphometric and Meristic comparison of orange roughy) *Hoplostethus atlanticus*: Trachichthyidae) from the Puysegur Bank and Lord Howe Rise, New Zealand and its implications for stock structure. *Mar. Biol.* 123, 19-27.
- Halden N.M. & Friedrich L.A., 2008.** Trace-element distributions in fish otoliths: Natural markers of life histories, environmental conditions and exposure to tailings effluence. *Mineralogical Magazine* 72, 593-605.
- Hamida C., 2004.** Biologie et dynamique de la sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) dans le golfe d'Annaba. *Mémoire de Magister, Université d'Annaba-Algerie*. 98 p.
- Harchouche K., 2006.** Contribution à la systématique du genre *Spicara* ; Ecologie, Biologie et exploitation de *Spicara maema* (poisson Téléostéen) des côtes Algériennes, *Thèse de Doctorat d'état. USTHB, Alger*: 230p.
- Harding J. P., 1949.** The use of the probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distribution. *J. mar.biol. Ass. U.S.*, 28: 141-153.
- Harrell R.M. & Loyacano Jr. H.A., 1982.** Age, growth and sex ratio of the American eel in the Cooper River, South Carolina. *Proc. Ann. Conf. Southeastern Ass. Fish. Wildl. Agencies* 34:349-359.
- Hebbar C., 2013.** Contribution à l'étude de la biologie et de l'exploitation du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* Linné., 1758) pêché dans le littoral oranais. *Thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie "Houari Boumediene". Alger*. p 135.
- Hederstrom H., 1759.** Ron am Fiskars Alder. *Hanal. Kungl. Vetenskapsakademein* (Stockolm), 20: 222-229. Republié dans *Rep. Inst. Freswat. Res. Drotmingholm*, 40: 161-164 (1959) as observations on the age of fishes.
- Heldt J. H., 1950.** La sardinelle ou allache dans les mers tunisiennes. *Ann. Biol., Copenhague*, 1-6.
- Hemida F., 1987.** Contribution à L'études de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Linné, 1758) dans la région d'Alger : Biologie et exploitation. *Mémoire de Magister, USTHB, Alger* : 138p.
- Hemida F., 2005.** Les Sélaciens de la côte algérienne : biosystématique des requins et des raies; écologies, reproduction et exploitation de quelque populations capturées. *These de Doctorat d'Etat. USTHB*: 272p.
- Henderson R.J. & Almatar S. M., 1989.** Seasonal changes in the lipid composition of herring (*Clupea harengus*) in relation to gonad maturation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 69, 323-334.
- Hickling C. F., 1933.** The natural history of the hake. Part IV - Age determination and the growth rate. *Fisheries Investigation*, 2, 13, 2: 120 p.
- Hickling C. F., 1945.** The seasonal cycle in the Cornish pilchard, *Sardina pilchardus* Walbaum. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 26: 115-138.
- Hightower J. E., 1986.** Using GENMOD - a generalised age-structured mode, 22. (Manual included with software).
- Hoar W. S., 1957.** Gonads and reproduction. *In: physiology of fishes*. M. E Brown, Acad. Press.
- Holden M. J. et Raitt D. F. S., 1974.** Manuel des sciences halieutiques. 2eme partie. Méthodes de recherches sur les ressources et leur application. *FAO Doc. Tech. Pêches*, (115) Rev. 1: 1-223.
- Holt S. J., 1959.** Water temperature and Cod growth rate. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 24(3) : 374-376.
- Holt S. J., 1960.** Water temperature and Cod growth rate. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 25(2) : 225-227.
- Horwood J.W., Greer Walker M. et Witthames P., 1989.** The effect of feeding levels on the fecundity of plaice (*Pleuronectes platessa*) *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 69.81-92.
- Horwood J. W., 1993.** Fecundity and biomass of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the northern Celtic Sea, *ICES Journal of Marine Science*, vol. 50 (pg. 315-323).
- Hunter J.R. & Leong R.J.H., 1981.** The spawning energetic of female northern anchovy, *Eugraulis mordax*. *Fish. Bull. U.S.*, 79: 215-230.
- Hurlbut T. & Clay D., 1998.** Morphometric and meristic differences between shallow- and deep-water populations of white hake (*Urophycis tenuis*) in the southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 2274-2282.

- Hurley D. A., 1972.** The American eel (*Anguilla rostrata*) in Eastern Lake Ontario. Journal of Fisheries Research Board of Canada, 29: 535-543.
- Hut-Han M., 1975.** The effects of photoperiod on maturation in the dab *Limanda limanda* (L.). Ph. D. Thesis. Univ. of East Anglia U.K, 1-107.

I

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

J

- Jerry D.R. & Cairns S.C., 1998.** Morphological variation in the catadromous Australian bass, from seven geographically distinct riverine drainages. Journal of Fish Biology 52: 829-843.
- Jellyman D. J., 1979.** Scale development and age determination in New Zealand freshwater eels (*Anguilla* spp.). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 13(1): 23-30.
- Jemaa S., 2014.** Étude de la structure des populations et du régime alimentaire de l'anchois européen (*Engraulis encrasicolus*) et de la sardine européenne (*Sardina pilchardus*): relations avec l'environnement. Thèse de doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale. 228p.
- Jones R., 1983.** L'évaluation des stocks de poisson appuyée sur des données de structure de taille (et notes sur l'analyse de population virtuelle et l'analyse de cohorte). FAO. Circ. Pêches. (734): 46 p.
- JORADP., 2003.** Décret exécutif n° 03-481 du 19 Chaoual 1424 correspondant au 13 décembre 2003 fixant les conditions et les modalités d'exercice de la pêche. Art. 44. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP), N° 78 du 14 décembre 2003. Page 13.

K

- Kac̣ic' I., 1984.** Gilt sardine (*Sardinella aurita* Val.) in Adriatic Sea. Nova Thalass., 6: 371-373.
- Kada O., 2010.** Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb., 1792) de la région Centro-orientale de la Méditerranée marocaine à l'aide de l'étude des otolithes. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2010, n°32 (1), 13-15.
- Kadri S E., 2015.** Qualité bacteriologique des eaux du littoral Nord Est algérien. Thèse de Doctorat. Univ Badji Mokhtar. Annaba. 170 p.
- Kalish JE., Theda C., Morrell JC., Berg JM. & Gould SJ., 1995.** Formation of the peroxisome lumen is abolished by loss of Pichia pastoris Pas7p, a zinc-binding integral membrane protein of the peroxisome. *Mol Cell Biol* 15(11): 6406-19.
- Kalish J.M., 1989.** Otolith microchemistry: validation of the effects of physiology, age and environment on otolith composition. *J Exp Mar Biol Ecol* 132:151–178.
- 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, 1-608.
- Kartas F. & Quignard J.P., 1984.** La Fécondité des Poissons Téléostéens. *Collection de Biologie des Milieux Marins*, 5. Masson. 121 p.
- Kausch H., 1975.** Breeding habits of the major cultivated fishes of EIFAC region and problems of sexual maturation in captivity, In: Workshop on controlled reproduction of cultivated fishes. EIFAC Technical Paper, 25: 43-52.
- Khaldinova N. A., 1966.** Fluctuations in the growth of haddock in the Barentz seaw ith the food supply. *Trudy Vses. Nauchno-issled. Inst. Morsk ryb. Khorz. Okeanogr.*, 60 : 257-270.
- Khemiri S., 2006.** Reproduction, âge et croissance des trois espèces de téléostéens pélagiques des côtes Tunisiennes: *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus* et *Boops*». Thèse Doctorat de l'ENSAR, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes Spécialité Halieutique.
- Khoudja F., 1976.** Etude morphologique et histologique de la chronologie du développement larvaire chez l'anchois (*E. encrasicolus*) et la sardine (*S. pilchardus*). Thèse de 3^{ème} cycle. Alger. 79 p.
- Kimura M. & Sakagawa G. T., 1972.** Observations on scale patterns and growth of the pacific sardine reared in the laboratory. *Fishery Bulletin*, Wash., 70(3): 1043-1052.
- King M., 1995.** Fisheries Biology: Assessment and Management». 341 p. Oxford, England: Fishing New Books, eds, Osne Mead.

- Komarovsky B., 1958.** A study of the food of *Sardinella aurita* off the Mediterranean coast of Israel during the peak season (May-June, 1958). *Tech. Pap. Gen. Fish. Coun. Medit.*, (42): 1-9.
- Korichi H. S., 1988.** Contribution à l'étude biologique des 2 espèces de saurels: *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) et de la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) en baie de Bous-Ismaïl (Alger)». *Thèse de Magistère I.S.M.A.L., Alger*. 260p.
- Koutrakis E.T. & Tsikliras A.C., 2003.** Length-weight relationships of fishes three northern Aegean estuarine systems (Greece). *J. Appl. Ichthyol.* 19: 258-260.
- Krzepkowski M., 1983.** Biological characteristics of sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) off West Sahara. *Acta Ichthyol. Piscatoria*, 13(1): 13-38.
- Kurc G., 2009.** La biologie et la pêche des sardines en relation avec l'hydrologie. *Science et Pêche*, Bull. Insf. Pêches marif. no 178.

L

- Lacombe H., 1973.** Aperçu sur l'apport à l'océanographie physique des recherches récentes en méditerranée. Session de l'assemblée de la commission océanographie intergouvernementale de l'U.N.E.S.CO, Paris, pp 5-17.
- Lagardere F., Thibaudau K. & Begou anras M. L., 2000.** Feasibility of otolith markings in large juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*, using immersion in alizarin-red solutions. *ICES J. Mar. Sci.*, 57(4): 1175-1181.
- Lahaye J., 1980.** Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Oceanis*, (6 - 7): 637 - 654.
- Lalami Y., 1979.** Etude biologique et halieutique du Rouget de vase (*Mullus barbatus* L.) des côtes algériennes. *Thèse Doctorat en Sciences (Sciences Naturelles) Univ. Sc Tech. Languedoc, Montpellier*: 510 p.
- Larrañeta M.G., 1960.** Synopsis of biological data on *Sardina pilchardus* of the Mediterranean and adjacent seas. *FAO Species Synopsis*, 4-26 pp.
- Larrañeta M.G., 1975.** La pesqueria pelagica de las costas de Alicante. *Invest. Pesq.* 39, 79-17.
- Larrañeta M.G., 1976.** Size and age of first maturation and relative fecundity in *Sardina pilchardus* (Walb.) off Castellon (Spanish Mediterranean coast). *ICES, C. M.* 1976/J: 4.
- Laubier L., 2003.** Climatic changes and trends and marine invertebrates: a need for relevant observing networks and experimental ecophysiology, *Atti Associazione Italiana Oceanologia Limnologia* 14 (2003) 15-24.
- Laurec A. et Le Guen J.C., 1981.** Dynamique des populations marines exploitées, Rapports scientifiques et techniques, Tome I, Concepts et modèles. *Rapp. Scient. et tech., Éditions CNEXO, n° 45 : 118 p.*
- Lavoué S., Miya M., Saitoh K., Ishigur N. B. & Nishida M., 2007.** Phylogenetic relationships among anchovies, sardines, herrings and their relatives (Clupeiformes), inferred from whole mitogenome sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 43 (2007) 1096-1105.
- Le Duff M., 1997.** Cinétique de l'ovogenèse et stratégies de ponte chez les poissons téléostéens en milieu tempéré. *Thèse Doct., Univ. Bretagne occidentale, Brest*, 170 p.
- Le Floch J., 1974.** Quelques aspects de la dynamique et de l'hydrologie des couches superficielles dans l'Ouest marocain Campagne CINECA-CHARCOT I et III. *Tethys* 6 (1-2):53-68.
- Le Grand M., 1960.** Longueur répartition des sexes et maturation sexuelle des thons à nageoire jaune de nouvelle Calédonie, *Rapp. Scient. Inst. Franc. Océan.*, II, 6-20.
- Leclaire L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant du bassin Algéro-Baléares (Précontinent Algérien). *Tomes XXIV. Edition de Muséum, Paris. France*, 391p.
- Lecren E.D., 1951.** The lenght weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch. (*P.fluviatilis*) . *Jour.Anim. Ecol.*, 20: 201-219.
- Lee J. Y., 1959.** Note préliminaire sur la sardine (*Sardina pilchardus sardina* RISSO) du golfe du Lion. - *Congr. Sci. mond. Bio/. Sardine*, sept. 1959. EP 25, 9 p. 1 tabl.
- Lee J. Y., 1961a.** La sardine du golfe du lion *Sardina pilchardus sardina* REGAN). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 25(4), 418-513.
- Lee J. Y., 1961b.** Note complémentaire sur les sardinelles *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) du golfe du Lion. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 16 (2): 335-339.
- Levesque J.R. & Whitworth W.R., 1987.** Age class distribution and size of American eel (*Anquilla rostrata*) in the Shetucket/Thames River. *J. Freshw. Ecol.* 4:17-22.

- Levi D., Andreoli M.G., Anneri E., Giannetti G. & Rizzo P., 1994.** Otolith reading as a tool for stock identification. *Fish. Res.*, 20 (2-3): 97-107.
- L'Herrou R., 1971.** Etude biologique de la sardine du golfe de Gascogne et du plateau celtique. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 35, 4, 455-473.
- Liew P. K. L., 1974.** Age determination of American eels based on the structure of their otoliths. p. 124-136. In: T. B. Bagenal, (ed.). *The ageing of fish, Proceedings of an international symposium*. Old Woking, Gresham Press, England, 234 p.
- Limburg K.E., Lochet A., Driscoll D., Dale D.S. & Huang R., 2011.** Selenium detected in fish otoliths: A novel tracer for a polluted lake, *Environmental Biology of Fishes*, 89, 433-440.
- Lisovenko L.A. & Andrianov D.P., 1996.** Reproductive biology of anchovy (*Engraulis encrasicolus* ponticus Alexandrov 1927) in the Black Sea. *Scientia Marina*, 60(2): 209-218.
- Livingston M.E. & Schofield K.A., 1996.** Annual changes in the abundance of hoki year classes on the Chatham Rise (January 1992–95) and the Southern Plateau (December 1991–93). New Zealand Fisheries Assessment Research Document 96/14. 35 p. (Unpublished report held by NIWA, Wellington).
- Lleonart J. & Salat J., 1992.** VIT : Programa d'analepsies de pesquerias. *Informes Tecnicos de Scientia Marina*. Vol. 168-169. 1-116.
- Lleonart J. & Salat J., 1997.** VIT: software for fishery analysis. User's manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No.11. Rome, FAO. 1997. 105p.
- Lleonart J. & Salat J., 2000.** VIT (version 1. 1) : Software for fishery analysis. User's manual. En ligne : <http://www.faocopemed.org/es/activ/infodif/vit.htm>.
- Lleonart J. & Maynou F., 2003.** Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. *Sci Mar*, 67 (Suppl. 1) : 37–49.
- Lleonart J., Maynou F., Recasens L. & Franquesa R., 2003.** A bioeconomic model for Mediterranean fisheries, the hake off Catalonia (Western Mediterranean) as a case study. In: Ø. Ulltang & G. Blom (Eds.) *Fish Stock Assessments and Predictions: Integrating Relevant Knowledge*. *Sci. Mar.* 67 (suppl. 1): 337-351.
- Lluch-Belda D., Crawford R.J.M., Kawasaki T., McCall A.D., Parrish R.H., Schartzlose R.A. & Smith P.E., 1989.** World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. *South African Journal of Marine Sciences* 33: 195-205.
- Lochet A., Jatteau P. & Gessner J., 2011.** Detection of chemical marks for stocking purposes in sturgeon species. *Journal of Applied Ichthyology*, 27, 444-449.
- Lombarte A., 1992.** Changes in otoliths areas: sensory area ratio with body size and depth. *Environ. Biol. Fish.*, 33: 405-410.
- Lombarte A. & Lleonart J., 1993.** Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes* 37: 297-306.
- Loubens G., 1978.** Biologie de quelques espèces du Lagon Néo-Calédonien. I. Détermination de l'âge: *Cah. ORSTOM. sér. Océanogr.*, Vol XVI, no 34, 1978: 263-283.
- Lowe-Mc Connell R.H., 1987.** Ecological studies in tropical fish communities. *University Press, Cambridge*. 382pp.
- Lowenstein O., 1971.** The labyrinth. In *Fish Physiology* (Hoar W. S. and Randall D. J., ed.), pp. 207-240. New York, USA: Academic Press.

M

- MADRP., 2014.** Recueil du texte réglementaire de la pêche et de l'aquaculture. Répartition des wilayas maritimes par région.
- MADRP., 2016.** Evolution des principaux indicateurs statistiques des pêches de 1990 à 2015 (Production, Flottille, Inscrits maritimes, Imp & Exp), 12p.
- Mahé G, Olivry J.C. & Servat E., 2005.** Sensibilité des cours d'eau ouest-africains aux changements climatiques et environnementaux: extrêmes et paradoxes. *Regional Hydrological Impacts of Climatic Change-Hydroclimatic Variability* (Proceedings of symposium S6 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguaçu, Brazil, April 2005). IAHS Publ. 296, 2005.
- Mahé G., Bamba F., Soumaguel A., Orange D. & Olivry J. C., 2009.** Water losses in the Niger River inner delta: water balance and flooded surfaces. *Hydrol. Processes* 23, 3157–3160.

- Mahé K., Destombes A., Coppin F., Koubbi P., Vaz le roy D.B. & Carpentier A., 2005.** Le rouget barbet de roche *Mulus surmuletus* (L., 1758) en manche orientale et mer du Nord. *Rapport de contrat IFREMER/ CERPMEM Nord-Pas de calais*, 187p.
- Mahé K., Dufour J.L., Elleboode R., Félix J., Sévin K., Bellamy E. & Coppin F., 2013.** Validation de la périodicité annuelle de formation des stries de croissance sur les otolithes de plusieurs espèces de poissons plats et de gadidés en Atlantique Nord-Est, Manche et mer du Nord. Colloque National de Sclérochronologie « Structures dures et/ou calcifiées chez les organismes aquatiques : Leur utilisation en écologie halieutique », 2 au 4 Juillet 2013, Rennes – France.
- Manooch C. S. III. & huntsman G. R., 1977.** Age, growth and mortality of the red porgy, *Pagrus pagrus*. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106: 26-33.
- Manzella G.M.R. & Laviolette P E., 1994.** The seasonal variation of water mass content in the western Mediterranean and its relationship with the inflows through the straits of Gibraltar and Sicily. In the western Mediterranean circulation experiment. WMCE°. *Journal Geophysical research*, 95(C2):1623-1626.
- Marc S., 2008.** Etude préliminaire au paramétrage d'un modèle spatial eulérien d'écosystème et de dynamique des populations (SEAPODYM) aux sardines et anchois du Humboldt. *Mémoire, Sciences Halieutiques et Aquacoles*. Agrocompus Ouest. Rennes. 61 p.
- Marchal E., 1964.** Note sur deux caractères de *Sardinella aurita* (c et v) de côte d'ivoire. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_14-15/20656.pdf.
- Marchal E., 1993.** Biologie et écologie des poissons pélagiques côtiers du littoral ivoirien. In: Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I : Le Milieu marin, pp: 277- 286. Éditions ORSTOM.
- Massuti M., Valls T. & Navarro F. P., 1950.** Nuevas observaciones sobre la sardine y la alacha de Baleares. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, (35): 1-7.
- Mater S. & 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.
- MATET., 2009.** Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la biodiversité biologique an niveau national. 120 p.
- Maurin C. et Lee J. P., 1960.** Note sur la présence de *Sardinella aurita* C. V. dans le golfe du Lion. *Congr. Sci. Mond. Biol. Sardine*, sept. 1959, EP 24, 1-6.
- Maurin C., 1962.** Etude de fonds chalutables de la méditerranée occidentale (écologie et pêche). Résultats des campagnes des navires océanographiques « président-Theodore-Tissier » 1957 à 1960 et « Thalassa » 1960 à 1961. *Rev, Trav, Inst, Pêches manit.* 26(2) :163-220.
- Maxim C. & Maxim C., 1988.** Evaluation du stock de sardinelle ronde (*sardinella aurita*, valenciennes 1874) sénégal-mauritanienne. *Cercetari marine IRDM Constata*, 20/21: 313–344.
- May A. W., 1965.** The validity of otolith ages of southern Grand Bank cod. *ICNAF Research Bulletin*, 2: 19-24.
- Mayrat A., 1959.** Nouvelle méthode pour l'étude comparée d'une croissance relative dans deux échantillons. Application à la carapace de *Penaeus kerathurus* (Forskal). *Bulletin de l'I.F.A.N.*, XXI, 1: 21-59. mordax. NOAA Technical Report NMFS, 36, pp. 79-94.
- McCall A.D., 1990.** Dynamic geography of marine fish populations. Washington University Press, Washington.
- Medina-Gaertner M., 1985.** Etude du zooplancton côtier de la baie de Dakar et de son utilisation par les poissons comme source de nourriture. *Thèse*, Université de Bretagne Occidentale, Brest : 141 p.
- Melanie L. J. Stiassny G. Teugels C. D. & Hopkins., 2007.** Fresh and Brackish Water Fishes of Lower Guinea, West-Central Africa. 500 p.
- 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 et 2): 47-55.
- Merella P., Quetglas A., Alemany F. & Carbonell A., 1997.** Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (westernMediterranean). *Naga ICLARM Q.* 20(3/4) : 66-68.
- Merigot B., Letourneur Y. & Lecomte-Finiger R., 2007.** Characterization of local populations of the common sole *Solea solea* (Pisces, Soleidae) in the NW Mediterranean through otolith morphometrics and shape analysis. *Marine Biology* 151, 997-1008.

- Meunier P.J. & Pascal M. 1981.** Étude expérimentale de la croissance cyclique des rayons de nageoire de la carpe (*Cyprinus carpio* L.): résultats préliminaires. *Aquaculture* 26, 23-40.
- Meunier P. J., 1988.** Détermination de l'âge individuel chez les ostéichthyens à l'aide de la squelettechronologie: historique et méthodologie. *Acta Oecol., Oecol. Gener.* 9(3): 299- 329.
- Minas H. J., Codispoti L. A. & Dugdale R. C., 1982.** Nutrients and primary production in the upwelling region off northwest Africa. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 180: 141-176.
- 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.
- Miller D J., creator L. & Robert N., 1976.** Guide to the coastal marine fishes of California. Scripps Institution of Oceanography Library; <http://scilib.ucsd.edu/sio/>.
- Millot C., 1985.** Some features of the Algerian current. *J. geophy. Res.*, 90 (C4): 7169- 7176.
- Millot C., 1989.** La circulation générale en Méditerranée occidentale: aperçu de nos connaissances et projets d'études. *Annales de géographies*, n°459. XXVIII^e.
- Millot C., 1987.** The circulation of the levantine intermediate water in the Algerian basin. *Journal of geophysical research*, 92(C8): 8265-8276.
- Millot C., 1993.** La circulation générale en Méditerranée occidentale. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb. 9- 11 novembre 1992, INOC. 29- 30.
- Millot C. & Taupier-Letage I., 2011.** Circulation in Mediterranean Sea. The Handbook of Environmental Chemistry. Vol1(The Natural Environment and the Biological cycles). Springer-Verlag Editor.
- Milton D.A., Blaber S.J.M. & Rawlinson N.J.F. 1994.** Reproductive biology and egg production of three species of Clupeidae from Kiribati, tropical central Pacific. *Fishery Bulletin*, 92: 102 - 121.
- Mittelstaedt E., 1987.** The surface waters off North-West Africa. A description of the regional oceanography.
- Monteiro, R., 1956.** Contribucões para o estudo da biologia dos Clupeidae de Angola. *Sardinella aurita* (C. et V.). *Trab. Miss. Biol. Marit. Campanhas en Angola Ann. Jta. Invest.*, 9 : (2) 1-28.
- Monteiro C. & Jorge I. M., 1982.** Age and growth of *Sardine pilchardus* (Walb.) From the Portuguese coast (ICES Div.IXa). *ICES Document C.M.* 1982/H: 19.
- Monteiro A., 2004.** Biologie et pêche des anguilles *Hemiramphus brasiliensis* et *Hyporhamphus unifasciatus* (Poissons – Téléostéens – Hemiramphidae) dans la région Nord- Est du Brésil. *Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale*, 1-203.
- Morales-Nin B., 1987.** Ultrastructure of the organic and inorganic constituent of the otolith of the sea bass, Iowa State University Press, *Age and growth of fish*, 331-343.
- Morales-Nin B. & Pertierra J.P., 1990.** Growth rates of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* in the north-western Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 107: 349 - 356.
- Morales-Nin B., 1992.** Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure. *FAO Fisheries Technical Paper* 322.
- Morales-Nin B. & Panfili J., 2005.** Seasonality in the deep sea and tropics revisited: What can otoliths tell us? *Marine and Freshwater Research* 56, 585-598.
- Moriarty C. & Steinmetz B., 1979.** On the age determination of eels. *Rapports et Procès- Verbaux des Réunions du Conseil Permanent et International pour l'Exploration de la Mer*, 174: 70-74.
- Moriarty C., 1973.** A technique for examining eel otoliths, *Journal of Fish Biology*, 5:184-185.
- Moriarty C., 1983.** Age determination and growth rate of eels, *Anguilla anguilla* (L). *Journal of Fish Biology*, 23: 257-264.
- Mosegaard H., Sveda Eng H. & Taberman K., 1988.** Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45, 1514-1524.
- Motos L. & Uriarte A., 1991.** An egg production estimate of biomass of the Bay of Biscay anchovy in 1990. *ICES CM 1991/ H:* 32, 24 pp.
- Mouhoub R., 1986.** Contribution à l'étude de la biologie et la dynamique de la population exploitée de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) des côtes Algéroises (Algérie). *Thèse de Magistère en halieutique, USTHB* .pp 163.

- Mouffok., 2008.** Elément d'approche sur la reproduction, la croissance, la répartition, et la pêche de la crevette rouge, *artisteus antennatus* (Risso, 1816) de la frange côtière oranaise, *Thèse de doctorat, Univ Es-senia* ; Oran : 124p.
- Moutopoulos D.K. & Stergiou, K.I., 2002.** Length-weight and length-length relationships of fish species of the Aegean Sea (Greece). *J. Appl. Ichthyol.* 18 (3): 200-203.
- 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.
- MPRH., 2004.** Ministère de la pêche et des ressources halieutiques. Recueil de textes réglementaires de pêche et aquaculture (tome 1), décembre 2004.
- MPRH., 2009.** Ministère de la pêche et des ressources halieutiques. Rapport stat annuel de 2009.
- MPRH., 2010.** Recueil texte réglementaire pêche et aquaculture. Tome 4.212 p.
- MPRH., 2012.** Tables de reconnaissance des principales espèces halieutiques pêchées en Algérie. Projet TCP/ALG/3301.
- MPRH., 2013.** Ministère de la pêche et des ressources halieutiques. Rapport stat annuel de 2013.
- Mtimet M., Farrugio H. et Olivier P., 1995.** Dynamique des populations marines. Rapp. Groupe de travail DYNDOP sur la dynamique des populations com. vert. Marins et céphalopodes de la CIESM. Tunis, 10-14 Septembre.
- Mugiya Y. & Uchimura T., 1989.** Otolith resorption induced by anaerobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. *Journal of Fish Biology* 35, 813-818.
- Mugiya Y., Hirabayashi S. & Ohsawa T., 1985.** Microradiography of otoliths and vertebral centra in the flatfish *Limanda herzemteini*: hypermineralization in the hyaline zone. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 51, 219-225.
- Mugiya Y. & Tanaka S., 1992.** Otolith development, increment formation, and an uncoupling of otolith to somatic growth-rates in larval and juvenile goldfish. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58, 845-851.
- Munro A.R., Gillanders B.M., Thurstan S., Crook D.A. & Sanger A.C., 2009.** Transgenerational marking of freshwater fishes with enriched stable isotopes: A tool for fisheries management and research. *Journal of Fish Biology* 75, 668-684.
- Mustać B. & Sinovčić C., 2010.** Morphometric and meristic parameters of sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) in the Zadar fishing area». *Ribarstvo* 68 (1): 27-43.
- Muus B.J., Neilson J.C., Dahbstrom P. et Olecen Nystrom B., 1998.** Guide des poissons de mer et pêche. 5ème édition Delachaux et Neistlé .Paris.P.

N

- Navarro F. de P., 1927.** Estudios sobre los Clupeidos de Baleares. II. L alacha (*Sardinella aurita*). - *Bol. /nst. Esp. de Oceanog., Notas y Resumenes*, série II. 21.
- Navarro F. de P., 1932.** Nuevos estudios sobre la alacha (*Sardinella aurita* C.V.) de Baleares y de Canarias. *Notas Inst. Esp. Oceanogr.*, 58 : p 1-35.
- Nieland H., 1980.** In Ghéno, Y. et Fontana, A. 1981. Les stocks de petits pélagiques côtiers les sardinelles. In: Milieu marin et ressources halieutiques de la république populaire du Congo, A. Document. ORSTOM, Paris. 138: 213-25.
- Nolf D., 1985.** Otolith piscium. *Handbook of Fish Biology Handbook of paleoichthyology* 10, 1-145.
- Nolf D., 1995.** Studies on fossil otoliths - The state of the art. In: Secor D.H., Dean J.M. & Campana S.E. (ed.). *Recent Developments in Fish Otolith Research*: 513-544, 5 fig, 6 tab; Columbia/South Carolina (University of South Carolina Press).
- North A. W., 1988.** Age of antarctic fish: validation of the timing of annuli formation in otoliths and scales. *Cybiu*, 12(2): 107-114.

O

- Olivar M.P., Salat J. & 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.
- Oliveira K., 1997.** Movements and growth rates of yellow-phase American eels in the Annaquatucket River, Rhode Island. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126: 638-646.
- Oliver M., Navarro F., 1952.** La alacha y la sardina de Baleares. Investigaciones entre 1950 y 1951. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía Serie* 58, 49 pp.

- Otterlei E., Folkvord A. & Nyhammer G., 2002.** Temperature dependent otolith growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). *ICES. J. Mar. Sc.*, 59: 851-860.
- Ouattara S., Fantodji A. & Ouattara M., 2008.** Quelques aspects reproductifs de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) de la pêche artisanale du littoral est ivoirien. *Cybiu*, 32(3): 201 - 209.
- Ould Isselmou C B., 2009.** Evaluation et cartographie de l'abondance du Stock de la sardinelle ronde dans la zone Nord-Ouest Africaine. *Mémoire de Master. Pôle Halieutique (Agrocamus Ouest) et CRH de Sète* : 64p.
- Ounissi M. et Khelifi-Touhami M., 1999.** Le zooplancton du plateau continental d'El- Kala (Méditerranée sud-occid): composition et abondance en mai 1996. *J. Rech. Océanogr.*, 24 (1): 5-11.

P

- Paloheimo J. E. & Dickie L. M., 1966.** Food and growth of fishes. 3 - Relation among food, body size and growth efficiency. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 23(8): 1209-1248.
- Palomera I., 1992.** Spawning of anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Northwestern Mediterranean relative to hydrographic features in the region. *Marine Ecology Progress Series*, 79: 215 -223.
- Panfili J., Ximènes M. C. & Chi T. D., 1990.** Age determination of eels in the French Mediterranean lagoons using classical methods and an image analysis system. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 75(6): 745-754.
- Panfili J., 1993.** Estimation de l'âge individuel des poissons : Méthodologies et applications à des populations naturelles tropicales et tempérées. Université de Montpellier II, Montpellier, p. 456.
- Panfili J., Ximenes M. C. & Crivelli A. J., 1994.** Sources of variation in growth of the European eel (*Anguilla anguilla*) estimated from otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51: 506-515.
- Panfili J., de Pontual H., Troadec J. P., Wright P. J., (eds.) 2002.** Manual of fish sclerochronology. Brest, France: IFREMER-IRD co-edition. 464pp.
- Pannella G., 1971.** Fish otoliths: daily growth layers and periodical pattern. *Science*, 173: 1124-1127.
- Pannella G., 1980.** Growth patterns in fish sagittae. In: *Skeletal growth of aquatic organisms: biological records of environmental change (topics in geobiology series, vol. I)*, D. C. Rhoads and R. A. Lutz (Eds.), Plenum Publ., New-York: 519-560.
- Parmentier E., Vandewalle P. & Lagardère F., 2001.** Morpho-anatomy of the otic region in carapid fishes: eco-morphological study of their otoliths. *Journal of Fish Biology* 58, 1046-1061.
- Parrish R.H., Bakaun A., Husby D.M. & Nelson C.S., 1983.** Comparative climatology of selected environmental progresses in relation to eastern boundary current pelagic fish reproduction. In Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neretic fish resources, *FAO Fish, Bull.Rep.*, 291 (3), 731-777.
- Parrish R.H., Mallicoate D.L. & Klingbeil R.A., 1986.** Age dependent fecundity, number of spawning per year sex ratio, and maturation stages in northern anchovy *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*, 84: 503 - 517.
- Parrish R.H., Serra R. & Grant W.S., 1989.** The monotypic sardines, sardina and sardinops: their taxonomy, istribution, stock structure and zoogeography. *Canandian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 2019-2036.
- Pascual-Alayón P., Santamaría M. T. G. & Hernández E., 2008.** Spanish report on the activity of European pelagic trawlers fishing in Mauritania and landing in the port of Las Palmas de Gran Canaria, Spain. Nine Meeting of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa Nouakchott, Mauritania, 20 – 30, 23 pp.
- Pauly D., 1980.** On the interrelation ships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39 (3): 175-192.
- Pauly D. & David N., 1981.** ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *AfeereJforschung* 28, 20S-211.
- Pauly D., 1984.** Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyt*, 2 (1): 17-19.
- Pauly D., 1984a.** Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Stud. Rev.* (8):325p.
- Pauly D., 1984b.** Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyte*, 2(1): 17-19.

- Pauly D. & Munro J.L., 1984.** Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2 (1): 21.
- Pauly D., 1985.** Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. FAO Doc. Tech. Pêches, (234): 56 p.
- Pauly D. & Serrano M., 1986.** Some practical extensions to Beverton and Holt's relative yield-per-recruit model. *The First Asian Fisheries Forum*, 491-495.
- Pauly D., 1988.** Resource assessment and management program, p. 47-66. In ICLARM five-year plan (1988-1992), Part 1. directions and opportunities. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila.
- Pauly D., 1990.** Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes. *ICLARM Fishbyte*, 8(3): 33-38.
- Pauly D. & Gayanilo Jr F.C., 1996.** Estimating the parameter of length-weight relationship from length-frequency samples and bulk weights, p. 136. In D. Pauly and P. Martosubroto (éds.). Baseline studies of biodiversity: the fish resources of western Indonesia. ICLARM Stud. Rev. 23, 321 p.
- Pauly D., 1997.** Méthodes d'évaluation de la mortalité naturelle, 135-156 p. In : Cépaduès (eds.), Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. *Collection Polytech.* I.N.P. Toulouse, 1-288.
- Pauly D. et Moreau., 1997.** Méthodes d'évaluation de la mortalité naturelle. 135 156 p. In: Cépaduès (eds.), Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Col Poly Tech. I.N.P. Toulouse, 1-288.
- Pecquerie L., 2007.** Modélisation bioénergétique de la croissance, du développement et de la reproduction d'un petit pélagique : l'anchois du golfe de Gascogne. *Thèse de doctorat. Agrocampus de Rennes. Mention : Halieutique.* 235 p.
- Pérez N., Proteiro C. & Alvarez F., 1985.** Contribucion al conocimiento de la biologia de la sardina de Galicia. *Boletin de l'Instituto Espanol de Oceanografia*, 2, 27-37.
- Perez N., Figueredo I. & Lon. N.C.H., 1992.** Batch fecundity of *Sardina pilchardus* Walb, of the Atlantic Iberian Coast, *Boletin del Instituto Espanol de Oceanografia* 8 (1), 155-162.
- Pertierra J.P. & Morales-Nin B., 1989.** Sardine growth in the Catalan sea determined by means of otolith interpretation and length frequency data. *Scient. Mar.* 53, 4, 821-826.
- Petrakis G. & Stergiou K.I., 1995.** Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fish. Res.* 21 : 465-496.
- Petersen C. G. G., 1896.** Fiskensbiologiske forhold I Holbock Fjord, 1890-1891. *Beretning fra de Danske Biologiske Station, I.*
- Pham-Thuoc . & Szypula J., 1975.** Age and growth rate of gilt sardine (*Sardinella aurita* Cuv. & Val.) from North East African waters. *ICES CM 1975/J : 5. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen*, 19-37.
- Pinkas L., 1971.** Bluefin tuna food habits. Food habits of Albacore, Bluefin tuna, and Bonito in California waters, 47-63.
- Pinnegar J.K., Polunin N.V.C. & Badalament F., 2003.** Long term changes in the trophic level of western Mediterranean Fishery and aquaculture landing. *Con.J.Fish.Aquat.Sci.* 60: 222-235.
- Poinsard F. et Troadec J.P., 1966.** Détermination de l'âge par lecture des otolithes chez deux espèces de Sciaenidés Ouest-africains (*Pseudotolithus senegalesis* (C.V) et *Pseudotolithus Typus* (Blkr)). *J.Cons.Perm.Int.Explor.Mer.* 30 :291-307.
- Popper A. N. & Fay R. R., 1993.** Sound detection and processing by fish: critical review and major research questions. *Brain Behavior and Evolution*, 50: 13-221.
- Postel E., 1959.** A propos d'un lot de sardinelles plates (*Sardinella sp.*) capture dans le golfe de Tunis. *Bull. Muséum*, 2^e sér. 31 (3) : 230-237.
- Postel E., 1960.** Rapport sur la sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) (Atlantique africain). *FAO Fisheries Biology Synopsis No. 6 (Distribution restricted).* FB/ 60CS6 SAST-Sardine: p 59-95.
- Postel L., Arndt E.A. & Brenning U., 1995.** Rostock zooplankton studies off West Africa. *Helgolander Meeresunters* 49, 829-847.
- Pothin K., Lecomte-Finiger R., Chabanet P. et Quod J. P., 2003.** Analyse du recrutement exceptionnel d'*Epinephelus merra* (Pisces: Serranidae) de l'île de la réunion (Océan Indien) à partir des otolithes. Deuxièmes Rencontres de l'Ichtyologie en France, RIF 2003, 25-28 mars 2003, Paris, France.

Potts G.W. & Wootton R. J., 1984. Fish Reproduction: Strategies and Tactics. Academic Press, London.

Q

Quaatay S. N. K. & Maravelias C. D., 1999. Maturity and spawning pattern of *Sardinella aurita* in relation to water temperature and zooplankton abundance off Ghana, West Africa. *Journal of Applied Ichthyology* 15, 63–69.

Quéro J.C., Porché P.P. et Vayne J.J., 2003. Guide des poissons de l'Atlantique européen. Les guides du naturaliste. Delachaux et Niestlé Eds, Lonay/Paris.465p.

Quéro J.C. et Vayne J.J., 1997. Les poissons de mer des pêches françaises. Ifremer, p. 304.

Quignard J.P. et Kartas F., 1976. Observations sur les sardinelles (*Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) et *S. maderensis* (Lowe, 1839) Poissons Téléostéens) des côtes tunisiennes durant l'hiver 1973–1974 (caractères numériques ; relation taille– poids; état sexuel). *Rapp. Comm. Int. Explor. Sci. Mer. Médit (CIEM)*. 23(8): 27-31 pp.

R

Rainboth R., 1980. Can Sex reversal be environmentally induced? Institut fur Zoologie, der Johannes Gutenberg University, Mainz, Federal Republic of Germany, *J Biology of Reproduction* 22, 49-59 (1980).11p.

Ramirez T., Cortés D. & Garcia A., 2001. Growth of North Alboran Sea sardine larvae estimated by otolith microstructure, nucleic acids and protein content. *Journal of Fish Biology* 59: 403-415.

Ramon M.M. & Castro J.A., 1997. Genetic variation in natural stocks of *Sardina pilchardus* (sardines) from the western Mediterranean Sea. *Heredity* 78, 520-528.

Raymonde L.F., 1999. L'otolithe : la « boîte noire » des téléostéens. Laboratoire d'ichtyoécologie tropicale et méditerranéenne, université de Perpignan, URA 1453 CNRS, France. *L'Année biologique*, 38 :107-122.

Rê P., Farinha A. & Meneses I., 1983. Anchovy spawning in portuguese estuaries (*Engraulis encrasicolus*, Pisces : Engraulidae). *Cybiurn*, 1983, 7(1) : 29–38.

Rê P., Cabrale Silva R., Cunha E., Farinha A., Meneses I. & Moita T., 1990. *Sardina* spawning off Portugal. *Bol. Inst. Nac. Invest. Pescas*, Lisboa, 15, 31-44.

Recasens L., Sabates A., Demestre M., Martin P. & Sanchez P., 2007. Relationship between temperature and fisheries: the case of *pagellus acarne* in the NW Mediterranean. *Rapp.Comm.Int.Mer Medit*,38, 2007.580-581p.

Regan C. T., 1916. The british fishes of the subfamily *Culpeidae* and related species in other seas. - *Ann. Mag. nat. I-list.*, 18. (103): 1-19; 12 fig.

Regan C. T., 1917. A revision of the Clupeid fishes of the genera *Sardinella*, *Harengula*. -*Ann. Mag. Nat. Hist.*, 8. XIX: 377-395.

Reznick D., Lindbeck E. & Bryga H., 1989. Slower growth results in larger otoliths: an experimental test with guppies (*Poeci reticulata*).*Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46:108-112.

Richter H.C., Luckstadt C., Focken U. & Becker K., 2000. An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. *Arch. Fish. Mar. Res.* 48 (2000). 255-264: pp.

Ricker W.E., 1975. Computation and interpretation of the biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Canadian Fisheries Research Board*, 191: 1-382.

Ricker W.E., 1980. Calcul et interprétation de statistiques des populations de poissons. *Bull. Can. Fish. Aquat. Sci.* 191F, 409p.

Riveiro I., Guisande C., Lloves M., Maneiro I. & Cabanas J.M., 2000. Importance of parental effects on larval Survival in *Sardina pilchardus*. *Marine Ecology Progress Series* 205: 249-258.

Riveiro I., Guisande C., Lloves M., Maneiro I. & Cabanas J.M., 2004. Parental effects in the European sardine *Sardine pilchardus*. *Marine Ecology Progress Series* 274,225-234.

Robinson M.L., Gomez-Raya L., Rauw W.M. & Peacock M.M., 2008. Fulton's body condition factor K correlates with survival time in a thermal challenge experiment in juvenile Lahontan cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki henshawi*). *Journal of thermal biology*, 33: 363 - 368.

Robson D.S. & Chapman D.G., 1961. Catch curves and mortality rates. *Transactions of the American Fisheries Society*. 90:181-189.

- Rodriguez-Roda J., 1970.** La sardina, *Sardina pilchardus* (Walb.), del golfo de Cadiz. *Invest. Pesca*, 34, 2, 451-476.
- Roy C. 1992. Réponses des stocks de poissons pélagiques à la dynamique des upwellings en Afrique de l'ouest: analyse et modélisation. Orstom, Coll Etudes et Thèses Paris 95-96.
- Rochet M. J., 2000.** A comparative approach to life- history strategies and tactics among four orders of teleost fish. *ICES J. Mar.Sci.*, 57, 228-239.
- Rollefsen G., 1933.** The otoliths of Cod. Preliminary Report. *Fiskdir. Skr. Ser.Havunderog.*, 4(3):14 p.
- Rollefsen G., 1935.** The spawning zone in Cod otoliths and prognosis of stock. *Fiskdir. Skv. Ser. Havundersog.*, 4(11): 10 p.
- Rooker J.R., Secor D.H., De Metrio G., Schloesser R., Block B.A. & Neilson J.D., 2008.** Natal homing and connectivity in Atlantic bluefin tuna populations. *Science* 322, 742-744.
- Rose K.A., Cowan Jr., Winemiller J.H., Myers K.O. & Hilborn R.A., 2001.** Compensatory density dependence in fish populations: importance, controversy, understanding and prognosis. *Fish Fis*, 2, 293-327.
- Roy C., Cury P., Fontana A., B.
- Rossignol M., 1955.** Premières observations sur la biologie des Sardinelles dans la région de Pointe-Noire. (*Sardinella eba*, *Sardinella aurita*. -Rapp. et P. V. Cons. int. Explor. Mer. vol. 137, p. 17-20.
- Rossignol M., 1956.** Les Sardinelles de la région de Pointe-Noire. Perspectives économiques qu'elles offrent. *Science et Pêche. Bull. /n/. Docum. /nst. sci. techn. Pêches marit.*
- Rossignol M., 1959.** Contribution à l'étude biologique des sardinelles. Etude de la variabilité d'un caractère méristique : le nombre de branchiospines. P223.
- Roy C., Cury P., Fontana A. & Belvêze H., 1989.** Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des clupéidés des zones d'upwelling d'Afrique de l'Ouest. *Aquat. Living Resources*, 1989-2, 21- 29.
- Roy C., Cury P. & Kifani S., 1992.** Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. In Benguela trophic functioning. Edited by A.I.L. Payne, K.H. Brink, K.H. Mann, and R. Hilborn. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 12: 135-146.

S

- Saetersdal G. S., 1953.** The haddock in norwegian waters. II-Methods in age and growth investigations. *Rep. Nonveg. Fish. Invest.*, 10(4): 1-46.
- Sahi M.A.et Bouaicha M., 2003.** La pêche artisanale en Algérie. *Document FAO Copemed*.
- Sainsbury K. J. & Whitelaw A. W., 1984.** Biology of Peron's threadfin bream, *Nemipterus peronii* (Valenciennes), from the north west shelf of Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 35 : 167-185.
- Santamaría M. T. G., González J. F., Barrera A., López Abellán L. J., Quintero M. E. & Balguerías E., 2008.** Substitution of sardine (*Sardina pilchardus*) for Round Sardinella (*Sardinella aurita*) in the Canary Islands waters. Eastern Boundary Upwelling Ecosystems. Integrative and Comparative Approaches. Las Palmas de Gran Canaria (España), 2-6 June 2008.
- Santana L. R. R., Carvalho R. D. S., Leite C. C. L., Alcântara L. M., Oliveira T. W. S. & Rodrigues B. M., 2006.** Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca Sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 2, n. 26, p. 264-269.
- Samba O., 2011.** Nouvelle évaluation des caractéristiques biologiques de *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) et *Sardinella maderensis* (Lowe, 1841). Mémoire de DEA, IUPA/UCAD, 45 p.
- SARDYN Project., 2006.** Sardine dynamique and stock structure in the north-eastern Atlantic, Q5 RS-2002-000818.2002-2006.
- Secor D.H. & Dean J.M., 1989.** Somatic growth effects on the otolith - fish size relationships in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 113-121.
- Schwartz D., 1983.** Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion Ed., 3ème Ed., 7ème tirage: 318p.
- Schwartz D., 1992.** Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion (eds), Paris.
- Schwartzlose R.A., Alheit J., Bakun A., Baumgardtner T.R., Cloete R., Carwford R.J.M., Fletcher W.J., Green- ruiz Y., Hagen E., Kawasaki T., Lluch-Belda D., Lluch-Cota S.E., Mac Call A.D., Matsuura Y., Nevarez- Martinez M.O., Parrish R.H., Roy C., Serra R., Shust K.V., Ward M.N. & Zuzunaga J.Z., 1999.** Worldwide large- scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *South African Journal of Marine Sciences* 21: 289-347.

- Secor D. H., Dean J. M. & Campana S. E., 1995.** Recent developpements in fish otolith research. Columbia, SC, USA: University of South Carolina Press.
- Secor D. H., Dean J. M. & Laban E. H., 1992.** Otolith removal and preparation for microstructural examination. Pages 19-57 in D. K. Stevenson and S. E. Campana [ed.] Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117. 126 p.
- Sennai Cheniti S., 2003.** Les petits pélagiques de l'extrême ouest algérien. *Centre National d'Etudes et de Doc pour la Pêche et l'Aquaculture, mise en place d'un réseau d'échantillonnage* : p 9-15.
- Shirai, N., Terayama M. & Takeda H., 2002.** Effect of season on the fatty acid composition and free amino acid content of the sardine *S. melenosticus*. *Comparative Biochemi and Physi*, 131, 387-393.
- Shung S., 1973.** The sexual activity of yellow fin tuna caught by the longline fishery in the Indian Ocean based on the examination of ovaries. *Bull, Far, Seas, Fish, Res, Lab.*, (9):123-142.
- Silva A., Santos M. B., Morais A., Carrera P., Alvarez P., Jorge A., Peleteiro E., Caneco B., Porteiro C. & 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. & 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.
- Silva E., Valdes J., Holmes D., Shmaryahu A. & Valenzuela P.D., 2006.** *Generation and analysis of expressed sequence tags from Botrytis cinerea*. *Biol Res* 39 (2): 367-76.
- Sinha V. R. P. & Jones J. W., 1967.** On the age and growth of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). *Journal of Zoology*, 153: 99-117.
- Sinović G., 1986.** Estimation of growth, mortality, production and stock size of sardine. *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from the Middle Adriatic. *Acta. Adriat.* Split, 27(1-2): 67-74.
- Sinović 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.
- Sinović G., Franicevic M. & Cikes-Kec V., 2003.** Unusual occurrence and some aspects of biology of juvenile gilt sardine (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) in the Zrmanja River estuary (eastern Adriatic). *Journal of applied Ichthyology*. Volume 20: 53 -57.
- Sinović G., Franicevic M., Zorica B. & 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.
- Sinović G., Cikes-Kec V.C. & 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). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76 (2008) 739-744.
- Skrivanic A. & Zavodnic D., 1973.** Migrations of the sardine (*Sardina pilchardus*) in relations to hydrological conditions of the Adriatic Sea. *Netherland Journal of Sea Research* 7: 7-18.
- Slatni S., 2002.** Contribution à la connaissance de la biologie du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Linné, 1758) des côtes de l'Est algérien. *Mémoire de Magister, Univ Badji-Mokhtar, Algérie*. 78p.
- Smith D. G., 1968.** The occurrence of larvae of the American eel, *Anguilla rostrata*, in the Straits of Florida and nearby areas. *Bulletin of Marine Science*, 18(2): 280-293.
- Sobral M.C., 1975.** Contribution à l'étude du plancton et de la reproduction de la sardine et de l'anchois dans la côte portugaise. *Cons. Intern. Explor. Mer. C.M.* 1975/J: 11.
- Sokal R. R. & Rohlf F. J., 1981.** *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Eds. Freeman, San Francisco, CA.
- Somarakis S., Maraveya E. & Tsimenides N., 2000.** Multispecies ichthyoplankton associations in epipelagic species: is there any intrinsic adaptive function? *Belgian Journal Of Zoology*, 130: 125-129.
- Somarakis S., Schismenou E., Siapatis A., Giannoulaki M., Kallianiotis A. & Machias A., 2012.** High variability in the daily egg production method parameters of an eastern Mediterranean anchovy stock: influence of environmental factors, fish condition and population density. *Fisheries Research*, 117 - 118: 12 - 21.
- Somoue L., 2004.** Structure des communautés planctoniques de l'écosystème pélagique de l'Atlantique sud marocain entre cap Boujdor et cap Blanc. *Thèse de Doct. National Spécial. Océanog. Université Hassan II Ain Chok Casablanca*, 300 pp.
- Sparre P. et Venema S.C., 1996.** Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Partie 1-manuel. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306/1 Rev. 1: 1- 401.

- Sparre P. & Venema S.C., 1998.** Introduction to tropical fish stock assessment. Part1- Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*, No.306.1, Rev.2 .Rome, FAO: 407 p.
- Stamatopoulos C., 2005.** VONB Iterative Method for estimating growth parameters. Including non- asymptotic approaches, Version B/2005. Fisheries Department, FAO.
- Stequert B., 1976.** Etude de maturité sexuelle de la ponte et de la fécondité du listao (*Katsuwonus pelamis*) de la côte Nord-ouest de Madagascar. *Cah ORSTOM. sér. Océanogr.*, 14,227-247p.
- Stevenson D. K. & Campana S. E., 1992.** Otolith microstructure examination and analysis. Ottawa, Canada: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science, 117p.
- Stransky C., 2005.** Geographic variation of golden redsh (*Sebastes marinus*) and deep-sea redsh (*S. mentella*) in the North Atlantic based on otolith shape analysis. *Ices Journal of Marine Science*, 62, 1691-1698.
- Stratoudakis Y., Coombs S., Lago de Lanzos A., Halliday N., Costas G., Caneco B., Franco C., Conway D., Satos M., Silva A. & Berna M., 2007.** Sardine (*Sardina pilchardus*) Spawning Seasonality in European Waters of the northeast Atlantic. *Mar SardBio.*, 152,201-212.
- Svedäng H., Wickström H., Reizenstein M., Holmgren K. & Florenius P., 1998.** Accuracy and precision in eel age estimation, using otoliths of known and unknown age. *Journal of Fish Biology*, 53: 456-464.

T

- Taillebois L., Maeda K., Vigne S. & Keith P., 2012.** Pelagic larval duration of three amphidromous Sicydiinae gobies including widespread and endemic species. *Ecology of Freshwater Fish* 21, 552-559.
- Taranger G. L., Carrillo M., Schulz R. W., Fontaine P., Zanuy S., Felip A., Weltzien F.A., Dufour S., Karlsen O., Norberg B., Andersson E. & Hansen T., 2010.** Control of puberty in farmed fish." *General and Comparative Endocrinology* 165(3): 483-515.
- Taylor C. C., 1959.** Cod growth and temperature. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 23(3) : 366-370.
- Taylor C. C., 1960.** Water temperature and Cod growth rate. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploitation de la Mer*, 25(2) : 223-224.
- Taylor C.C., 1962.** Growth equations with metabolic parameters. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 27, 270-286.
- Tchernia P., 1969.** Cours d'océanographie générale. Service hydrographique de la marine, Ministère des armées, Paris. Vol. 1 & 2.
- Teissier G., 1948.** La relation d'allométrie: sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4(1): 14-53.
- Thiriot A., 1976.** Les remontées d'eau (upwelling) et leur influence sur la production pelagique des côtes Atlantiques du Maroc. *Bull. Inst. Pêches Marit., Maroc.*, 22, pp. 5-12.
- Thorisson K., Jónsdóttir I.G., Marteinsdottir G. & Campana S.E., 2011.** The use of otolith chemistry to determine the juvenile source of spawning cod in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 68, 98-106.
- Thresher R.E., 1999.** Elemental composition of otoliths as a stock delineator in fishes. *Fisheries Research* 43, 165-204.
- Tomas J. & Panfili J., 2000.** Otolith microstructure examination and growth patterns of *V. nimbaria* (Photichthyidae) in the tropical Atlantic Ocean. *Fisherie J Research* 46, 131-145.
- 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.
- Townsend D.W., Radtke R.L., Malone D.P. & Wallinga J.P., 1995.** Use of otolith strontium: calcium ratios for hindcasting larval cod *Gadus morhua* distributions relative to water masses on Georges Bank. *Marine Ecology Progress Series*, 119, 37-44.
- Tracey S.R., Lyle J.M. & Duhamel G., 2006.** Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Fish. Res.*, 77: 138-147.
- Troadec J. P., 1971.** Biologie dynamique d'un Sciaenidae ouest-africain *Pseudotolithus senegalensis* (Y). *Documents Scientifiques, Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan*, 2(3) : 225 p.
- Tsikliras A. C., 2004.** Spawning pattern of round *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847, in relation to sea surface temperature. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 37 : 449p.

- Tsikliras A. C., Koutrakis E.T. & Stergiou K.I., 2005.** Age and growth of round sardinelle (*Sardinella aurita*) in the northeastern Mediterranean. *SCI. MAR*, 69(2): p 231-240.
- Tsikliras A. C. & Antonopoulou E., 2004.** Aspects of reproductive biology of female round Sardinella, *Sardinella aurita*, in North Aegean Sea (Greece). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 34: 450p.
- Tsuruta Y., 1987.** Reproductive potential of the Japanese sardine and anchovy: two types of fluctuation patterns of population size». *Bull. Fish. Oceanogr. Soc. Japan*, 51, 51-54.

U

- Ursin E., 1963.** On the incorporation of temperature in the von Bertalanffy growth equation. *Meddelelser fra Danmarks Fiskevi-og Havundersogelser*, N.S., 4(1): 1-16.
- Ursin E., 1967.** A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration, and mortality. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 24: 2355-2453.

V

- Van der Linger C., Cubillos L., Espinoza P. & Bertrand A., 2006.** Comparative rophodynamics of small pelagic fish species in the Benguela current and Humbolt current upwelling systems. International conference on Humboldt current system: Climate, Ocean Dynamics, Ecosystem Processes and Fisheries, Lima (PER).
- Vianet R., Quignard J. P. et Tomasini J. A., 1989.** Age et croissance de quatre poissons pleuronectiformes (flet, turbot, barbue, sole) du Golfe du Lion. Evolution de la structure de la sagitta. *Cybiurn*, 13(3) : 247-258.
- Vibert R. et Lagler K. F., 1961.** Pêches continentales. Biologie et aménagement. Paris, France: Dunod.
- Vladykov V.D., 1970.** Pearl tubercles and certain cranial peculiarities useful in the taxonomy of coregonid general, p.167-194, in *Biologiy of Coregonid Fishes*, C.C. Lindsey and C.S. Woods(Ed.) University of Manitoba Press.
- Vøllestad L. A., 1985.** Age determination and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla* (L.), from a brackish water, Norway. *Journal of Fish Biology*, 26: 521-525.
- Vøllestad L. A., Lecomte-Finiger R. & Steinmetz B., 1988.** Age determination of *Anguilla anguilla* (L.) and related species. EIFAC Occasional Paper No. 21: 28 p.
- von Bertalanffy., 1938.** A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10(2): 181-213.
- Voulgaridou P. & Stergiou K.I., 2003.** Trends in various biological parameters of the European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the Eastern Mediterranean Sea. *Scientia Marina* 67 (Suppl. 1): 269-280.

W

- Wague A. et M'Bodj O. B., 2002.** Etude de quelques aspects de la reproduction chez la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) pêchée le long des côtes mauritaniennes. *Bul. Scient. Inst. Maur. Rech. Oceanog. Pêches*, 29 : 13-18.
- Walbaum J. J., 1792.** Petri Artedi Sueci genera piscium. In quibus systema totum ichthyologiae proponitur cum classibus, ordinibus, generum characteribus, specierum differentiis, observationibus plurimis. Redactis speciebus 242 ad genera 52. Ichthyologiae pars III. Cum tabula aenea. - pp. [1-7], 1-723, Tab. 1-3. Grypeswaldia. (Röse).
- Walther B.D. & Thorrold S.R., 2009.** Inter-annual variability in isotope and elemental ratios recorded in otoliths of an anadromous fish. *Journal of Geochemical Exploratio*, 102, 181-186.
- Watanabe Y. & Saito H., 1998.** Feeding and growth of early juvenile japons sardines in the Pacific waters offcentral Japan. *Journal of Fish Biology*, 52:519-533.
- Williams G.C., 1966.** Adaptation and Natural Selection, Princeton University Press, Princeton:151. http://formes-symboliques.org/article.php?id_article=1 (visité le 25/02/2008).
- Winters G. H. & 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.
- West G., 1990.** Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 41: 199-222.

- Westrheim S. J., 1972.** Age determination and growth of pacific ocean perch (*Sebastes alutus*) in the northeast Pacific Ocean. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 235-247.
- Whitehead P.J.P., 1985.** FAO species catalogue. Vol 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). Part 1. Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. *United Nations Development Program, Rome*. -X-Y-Z- Bibliographie 210.
- Woodcock S.H., Gillanders B.M., Munro A.R., McGovern F., Crook D.A. & Sanger A.C., 2011.** Using enriched stable isotopes of barium and magnesium to batch mark otoliths of larval golden perch (*Macquaria ambigua*, Richardson). *Ecology of Freshwater Fish*, 20, 157-165.
- Woodhead P. M. J., 1968.** Seasonal changes in the calcium content of the blood of arctic Cod. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 48: 81- 91.
- Wootton R.J., 1982.** Environmental factors in fish reproduction. In: Richter, C.J.J., Goos, H.J.Th. (Eds.), *Reproductive physiology of fish*. Pudoc, Wageningen pp: 210 - 219.
- Wootton R.J., 1990.** Ecology of teleost fishes. *Chapman and Hall, Londres*, 404 p.
- Wright P.J., Metcalfe N.B. & Thorpe J.E., 1990.** Otolith and somatic growth rates in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L.: evidence against coupling. *Journal of Fish Biology*, 36: 241-249.
- Wright P.J., 1991.** The influence of metabolic rate on otolith increment width in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L. *J. Fish. Biol.* 38(6): 929-933.
- Wright P.J., Rowe D. & Thorpe J.E., 1991.** Daily growth increments in the otoliths of Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L., and the influence of environmental factors on their periodicity. *Journal of Fish Biology* 39, 103-113.
- Wysokinski A., 1986.** The living, marine resources of the Southeast Atlantic. *FAO Fish. Tech. Pap.* 178. Rev. (1): 1-120.

Y

- Yamamoto A, Takagi H., Kitamura Dn Tatsuoka H., Nakano H., Kawano H., Kuroyanagi H., Yahagi Y., Kobayashi S., Koizumi K., Sakai T., Saito K., Chiba T., Kawamura K., Suzuki K., Watanabe T., Mori H. & Shirasawa T., 1998.** Deficiency in protein L-isoaspartyl methyltransferase results in a fatal progressive epilepsy. *J Neurosci* 18:2063-2074.
- Yannopoulos A. & Yannopoulos C., 1978.** The ecology of the reproduction of *Sardina pilchardus* Walb. in the Eastern coastal waters of Greece. *Biol. Gallo-hellen.* ~ (to be published).

Z

- Zeghdoudi E., 2006.** Modélisation bio-économique des pêcheries méditerranéennes. Application aux petits pélagiques de la baie de Bou Ismail (Algérie). *Master of Science en Economia y gestion de la actividad pesquera*. Barcelone.
- Zwolinski J., Stratooudakis Y. & Soares E., 2001.** Intra-annual variation in the batch fecundity of sardine off Portugal. *J. Fish. Biol.*, 58, 1633-1645.

Sites internet:

<https://doris.ffesmm.fr/Especies/Sardina-pilchardus-Sardine-d-Europe-3095>
<https://www.cnrtl.fr/etymologie/sardine>
<https://www.fishbase.org/summary/1350>
<https://www.fishbase.org/summary/1365>
<https://www.fishbase.org/summary/203>
<https://www.fao.org>
<https://wwwz.ifremer.fr/pêche/Le-monde-de-la-pêche/La-gestion/ou/Zones-CGPM>
<https://www.vetofish.com/poisson/sardina/pilchardus>
<https://www.vetofish.com/poisson/sardinella/aurita>

Annexes

Annexe 1: Règlementations appliquées au secteur de la pêche en Algérie.

- Autorisation de pêche.

Décret exécutif n° 03-481 du 19 Chaoual 1424 correspondant au 13 décembre 2003 fixant les conditions et les modalités d'exercice de la pêche (MPRH, 2004). Dans ce décret, il est indiqué que l'exercice de la pêche est subordonné à l'obtention d'une autorisation ou permis de pêche délivré par l'autorité chargée de pêche.

- Zones de pêche.

Décret exécutif n° 03-481 du 19 Chaoual 1424 correspondant au 13 décembre 2003 fixant les conditions et les modalités d'exercice de la pêche (MPRH, 2004). Le régime relatif aux zones de pêche prévoit 3 zones de pêche; une zone située à l'intérieur de 6 milles marins à partir de la ligne de base mesurée du cap à cap, une zone allant de 6 milles à 20 milles marins, alors que la dernière zone est située au-delà de 20 milles marins. L'exercice de la pêche dans chaque zone est relatif aux caractéristiques techniques des navires de pêche.



Carte relative aux zones d'exploitation de la pêche en Algérie (MPRH, 2003).

- Engins de pêche.

Décret Arrêté du 4 Rabie El Aouel 1425 correspondant au 24 avril 2004 fixant les limitations d'utilisation des chaluts pélagiques, semi-pélagiques et du fond dans le temps et dans l'espace (MPRH, 2004). Outre la nomenclature des engins de pêche dont l'importation, la fabrication, la détention et la vente sont interdites dans l'article 51 de la loi-cadre du 01-11 du 03 juillet 2001, ce décret traite les interdictions relatives à l'utilisation des chaluts dans le temps et dans l'espace.

Dans ce décret est interdit l'emploi des arts traînants (chaluts) à l'intérieur des 3 milles marins dans la période allant du 1^{er} Mai au 31 Août de chaque année sur tout le littoral Algérien. Sont prohibés, également, les chaluts de fond, dont la petite maille étirée est inférieure à 40 mm et les chaluts crevettier ainsi que les chaluts pélagiques doivent avoir une maille étirée de 20 mm.

- Tailles minimales marchandes.

Décret exécutif n° 04-188 du 19 Joumada El Oula 1425 correspondant au 7 juillet 2004 fixant les modalités de capture, de transport et de commercialisation des produits de pêche n'ayant pas atteint la taille minimale réglementaire (MPRH, 2004). Dans ce cadre sont prohibés la capture, le transport et la commercialisation des espèces qui n'ayant pas atteint la taille minimale marchande. Celle-ci est indispensable pour empêcher la capture des immatures, éviter la surexploitation des stocks et assurer la pérennité de la ressource. Le tableau suivant montre les tailles minimales marchandes des principales espèces des petits pélagiques.

- Contrôle et surveillance.

Le contrôle et la surveillance des navires de pêche, est une tâche qui a été assignée au service des gardes côtes du Ministère de la défense nationale (MPRH, 2004). Cet organisme est chargé de contrôler:

- La répartition des navires de pêche en mer par rapport aux zones de pêche;
- Contrôle des zones et périodes interdites à la pêche;
- Contrôle des engins de pêche;
- Contrôle des tailles minimales marchandes.

Annexe 2: Echelle macroscopique de maturité des gonades selon Fontana (1969).

Stade A	Les gonades sont petites et fermes, transparentes ou rose clair. Les ovocytes ne sont pas visibles.
Stade B	L'ovaire passe du rose pâle au rose foncé puis à l'orange clair. Quelques ovocytes sont parfois visibles à travers la membrane ovarienne à la fin du stade B, mais l'ovaire reste ferme.
Stade C	La coloration est variable: jaune orange clair ou foncé. L'ovaire plus gros devient moins ferme. La surface devient granuleuse et les ovocytes sont visibles à l'œil nu.
Stade D	L'ovaire est très gros et occupe toute la cavité abdominale. La membrane ovarienne est très fine. Les ovules sont transparents et parfaitement visibles. A la moindre pression exercée sur l'abdomen les ovules sont expulsés.
Stade E	Après la ponte, l'ovaire est flasque, très vascularisé. Il est généralement de couleur rose saumon et rouge à la fin du stade, notamment dans la partie postérieure. On voit à travers la membrane ovarienne distendue, les ovocytes de 450 µ environ caractérisant le début du stade C. Il reste encore quelques ovules transparents mais ceux-ci vont dégénérer et à leur place subsisteront des espaces hyalins.
Stade F	Après la dernière ponte, l'ovaire est épuisé, complètement collapsé. Il a l'aspect d'un sac vide et possède une coloration rouge due à une très forte vascularisation. On observe également des taches marron représentant des zones en voie de nécrose. Là encore, on peut rencontrer quelques ovules transparents résiduels

Annexe 3: Equation de régression et coefficient de corrélation (r) des caractères métriques mesurés en fonction de la Lt ou la Lc chez la pop totale de *S. pilchardus* du littoral Est algérien (N= 400): (=) Allométrie isométrique, (-) minorante, (+) majorante.

Fonction	r	Equation de régression	Equation d'allométrie	Tobs et type d'allométrie	Valeurs limites (cm)
Ls = f(Lt)	0.929	$Ls = 1.044 Lt - 0.121$	$Ls = 0.756 Lt^{1.044}$	1.694 =	$10.7 \leq Lt \leq 17.5$ $9.2 \leq Ls \leq 14.7$
Lf = f(Lt)	0.960	$Lf = 1.039 Lt - 0.082$	$Lf = 0.827 Lt^{1.039}$	1.966 =	$9.9 \leq Lf \leq 16$
Lc = f(Lt)	0.658	$Lc = 0.882 Lt - 0.499$	$Lc = 0.316 Lt^{0.882}$	2.368 -	$2.7 \leq Lc \leq 4.2$
LPd = f(Lt)	0.852	$LPd = 0.981 Lt - 0.380$	$LPd = 0.416 Lt^{0.981}$	0.501 =	$4.4 \leq LPd \leq 7$
LPp = f(Lt)	0.600	$LPp = 1.220 Lt - 0.895$	$LPp = 0.127 Lt^{1.220}$	3.576 +	$1.6 \leq LPp \leq 4.2$
Lpp = f(Lt)	0.506	$Lpp = 1.142 Lt - 0.604$	$Lpp = 0.248 Lt^{1.142}$	2.220 +	$3.1 \leq Lpp \leq 6.4$
LPa = f(Lt)	0.857	$LPa = 1.071 Lt - 0.276$	$LPa = 0.529 Lt^{1.071}$	1.932 =	$7.5 \leq LPa \leq 12.2$
Hc = f(Lt)	0.662	$Hc = 2.190 Lt - 0.209$	$Hc = 0.008 Lt^{2.190}$	12.569 +	$1.5 \leq Hc \leq 4.7$
Hpc = f(Lt)	0.576	$Hpc = 1.080 Lt - 1.275$	$Hpc = 0.053 Lt^{1.080}$	1.349 =	$0.6 \leq Hpc \leq 1.2$
Ec = f(Lt)	0.420	$Ec = 2.470 Lt - 2.677$	$Ec = 0.002 Lt^{2.470}$	16,118 +	$0.9 \leq Ec \leq 2.4$
Do = f(Lc)	0.655	$Do = 1.464 Lc - 0.806$	$Do = 0.156 Lc^{1.464}$	2.515 -	$0.6 \leq Do \leq 1.2$
LPo = f(Lc)	0.390	$LPo = 1.492 Lc - 0.762$	$LPo = 0.172 Lc^{1.492}$	1.826 =	$0.7 \leq LPo \leq 1.4$
Lpo = f(Lc)	0.600	$Lpo = 1.423 Lc - 0.643$	$Lpo = 0.227 Lc^{1.423}$	6.456 +	$1 \leq Lpo \leq 1.8$
Lmax = f(Lc)	0.609	$Lmax = 1.951 Lc - 0.339$	$Lmax = 0.458 Lc^{1.951}$	0.744 =	$1.2 \leq Lmax \leq 1.8$

Annexe 4: Equation de régression et coefficient de corrélation (r) des caractères métriques mesurés en fonction de la longueur totale (Lt) ou céphalique (Lc) chez la population totale de *S. aurita* du littoral Est algérien (N= 400): (=) Allométrie isométrique, (-) minorante, (+) majorante.

Fonction	r	Equation de régression	Equation d'allométrie	Tobs et type d'allométrie	Valeurs limites (cm)
Ls = f(Lt)	0,983	$Ls = 1,06 Lt - 0,2$	$Ls = 0,68 Lt^{1,06}$	4,145 +	$9,7 \leq Lt \leq 20$ $7,4 \leq Ls \leq 16,5$
Lf = f(Lt)	0,981	$Lf = 1,002 Lt - 0,06$	$Lf = 0,87 Lt^{1,002}$	0,150 =	$8,2 \leq Lf \leq 18$
Lc = f(Lt)	0,863	$Lc = 1,23 Lt - 0,96$	$Lc = 0,1 Lt^{1,23}$	5,786 +	$1,1 \leq Lc \leq 4,1$
LPd = f(Lt)	0,958	$LPd = 1,06 Lt - 0,5$	$LPd = 0,3 Lt^{1,06}$	2,974 +	$3,2 \leq LPd \leq 7,3$
LPp = f(Lt)	0,810	$LPp = 1,02 Lt - 0,72$	$LPp = 0,19 Lt^{1,02}$	0,496 =	$1,6 \leq LPp \leq 4,1$
Lpp = f(Lt)	0,898	$Lpp = 1,06 Lt - 0,6$	$Lpp = 1,76 Lt^{1,06}$	1,757 =	$2,5 \leq Lpp \leq 6,7$
LPa = f(Lt)	0,970	$LPa = 1,105 Lt - 0,34$	$LPa = 0,45 Lt^{1,105}$	5,796 +	$5,5 \leq LPa \leq 13$
Hc = f(Lt)	0,817	$Hc = 1,45 Lt - 1,3$	$Hc = 0,05 Lt^{1,45}$	9,211 +	$1,2 \leq Hc \leq 4,1$
Hpc = f(Lt)	0,712	$Hpc = 1,24 Lt - 1,5$	$Hpc = 0,035 Lt^{1,24}$	4,407 +	$0,5 \leq Hpc \leq 1,6$
Ec = f(Lt)	0,797	$Ec = 1,67 Lt - 1,8$	$Ec = 0,015 Lt^{1,67}$	12,388 +	$0,6 \leq Ec \leq 2,9$
Do = f(Lc)	0,683	$Do = 0,87 Lc - 0,55$	$Do = 0,28 Lc^{0,87}$	2,766 =	$0,5 \leq Do \leq 1,1$
LPo = f(Lc)	0,634	$LPo = 1,09 Lc - 0,54$	$LPo = 0,28 Lc^{1,09}$	1,626 =	$0,2 \leq LPo \leq 1,5$
Lpo = f(Lc)	0,684	$Lpo = 1,41 Lc - 0,6$	$Lpo = 0,25 Lc^{1,41}$	6,712 +	$0,4 \leq Lpo \leq 1,8$
L_{max} = f(Lc)	0,604	$L_{max} = 0,85 Lc - 0,49$	$L_{max} = 0,32 Lc^{0,85}$	2,323 =	$0,3 \leq L_{max} \leq 1,3$

Annexe 5: Clés âge-longueur des mâles, des femelles et de la population totale de *S.pilchardus* obtenues par la méthode de Bhattacharya (1967). S.I : indice de séparation qui doit être supérieur à 2 (Gayanilo *et al*, 2005) et s.d : écart-type.

Group	Computed Mean	s.d.	Population	S.I.	♂
1	10.45	0.36	12.00	n.a.	
2	13.07	0.92	66.00	4.09	
3	15.09	0.99	255.00	2.12	
4	19.40	1.16	4.00	4.01	
5					

Group	Computed Mean	s.d.	Population	S.I.	♀
1	9.50	0.53	7.00	n.a.	
2	13.05	0.58	91.00	6.40	
3	14.59	0.88	389.00	2.11	
4	16.87	0.70	146.00	2.89	
5	19.50	0.60	2.00	4.05	

Group	Computed Mean	s.d.	Population	S.I.	Pop tot
1	9.50	0.74	12.00	n.a.	
2	10.99	0.52	30.00	2.37	
3	14.38	1.19	539.00	3.97	
4	16.60	0.90	239.00	2.12	
5	19.62	0.32	4.00	4.95	

Annexe 6: Clés âge-longueur des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de *S. aurita* obtenues par la méthode de Bhattacharya (1967). S.I : indice de séparation qui doit être supérieur à 2 (Gayanilo *et al*, 2005) et s.d : écart-type.

Group	Computed Mean	s.d.	Population	S.I.	♂
1	11.41	1.86	6.00	n.a.	
2	14.66	0.90	117.00	2.36	
3	18.07	1.60	251.00	2.73	
4	22.08	0.62	47.00	3.61	
5					

Group	Computed Mean	s.d.	Population	S.I.	♀
1	11.92	0.82	77.00	n.a.	
2	14.71	0.93	163.00	3.19	
3	17.31	1.29	234.00	2.34	
4	21.38	1.70	46.00	2.72	
5	25.06	0.49	12.00	3.36	

Group	Computed Mean	s.d.	Population	S.I.	Pop tot
1	12.00	0.78	134.00	n.a.	
2	14.75	0.87	305.00	3.33	
3	17.47	1.19	415.00	2.64	
4	20.96	1.36	95.00	2.74	
5	24.83	0.51	13.00	4.14	

Annexe 7: Représentation des paramètres de l'équation de la courbe de von Bertalanffy (1938) chez *S. pilchardus* par New VONBIT (Stamatopoulos, 2005).

Results for:		New VONBIT for Excel	
Optimal K:	0.58	Confidence limits at 95%	
Coeff. of determination R^2 :	0.968		
No. of observations:	5		
Degrees of freedom:	3		
L_{∞} :	20.033	5.414	34.652
t_0 :	-0.035	-0.182	0.112

♂

Results for:		New VONBIT for Excel	
Optimal K:	0.53	Confidence limits at 95%	
Coeff. of determination R^2 :	0.982		
No. of observations:	6		
Degrees of freedom:	4		
L_{∞} :	19.797	9.655	29.940
t_0 :	-0.039	-0.149	0.071

♀

Results for:		New VONBIT for Excel	
Optimal K:	0.39	Confidence limits at 95%	
Coeff. of determination R^2 :	0.968		
No. of observations:	6		
Degrees of freedom:	4		
L_{∞} :	21.582	11.494	31.670
t_0 :	-0.086	-0.233	0.061

Pop tot

Annexe 8: Représentation des paramètres de l'équation de la courbe de von Bertalanffy (1938) chez *S. aurita* par New VONBIT (Stamatopoulos, 2005).

Results for:		New VONBIT for Excel	
Optimal K:	0.52	Confidence limits at 95%	
Coeff. of determination R^2 :	0.981		
No. of observations:	5		
Degrees of freedom:	3		
L_{∞} :	24.63	7.134	40.938
t_0 :	-0.032	-0.174	0.109

♂

Results for:		New VONBIT for Excel	
Optimal K:	0.38	Confidence limits at 95%	
Coeff. of determination R^2 :	0.966		
No. of observations:	6		
Degrees of freedom:	4		
L_{∞} :	27.731	14.900	40.561
t_0 :	-0.093	-0.247	0.060

♀

Results for:		New VONBIT for Excel	
Optimal K:	0.41	Confidence limits at 95%	
Coeff. of determination R^2 :	0.966		
No. of observations:	6		
Degrees of freedom:	4		
L_{∞} :	26.680	14.010	39.350
t_0 :	-0.085	-0.232	0.062

Pop tot

Annexe 9: Données océanographiques des eaux du littoral Est algérien (Kadri, 2015).

Période	Paramètres physico-chimiques				
	T*(°C)	S (g/l)	pH	O ₂ (mg/l)	MES (mg/l)
Octobre	20.83	38.9	8.12	6.11	0.19
Novembre	18.9	37.46	8.23	7.33	0.17
Décembre	16.03	37.26	7.83	7.37	0.25
Janvier	13.93	39.06	8.16	8.89	0.22
Février	12.66	38.43	7.91	8.11	0.2
Mars	13.93	38.36	7.92	7.44	0.23
Avril	15.83	37.13	7.76	6.24	0.21
Mai	19.2	38.56	8.13	6.02	0.19
Juin	21.33	37.03	8.21	6.62	0.14
Juillet	27	40.16	8.03	5.11	0.2
Aout	27.66	39.93	8.01	3.5	0.22
Septembre	25.66	41.333	7.99	5.01	0.24
Moy. annuelle	19.21	38.63	8.02	6.47	0.20

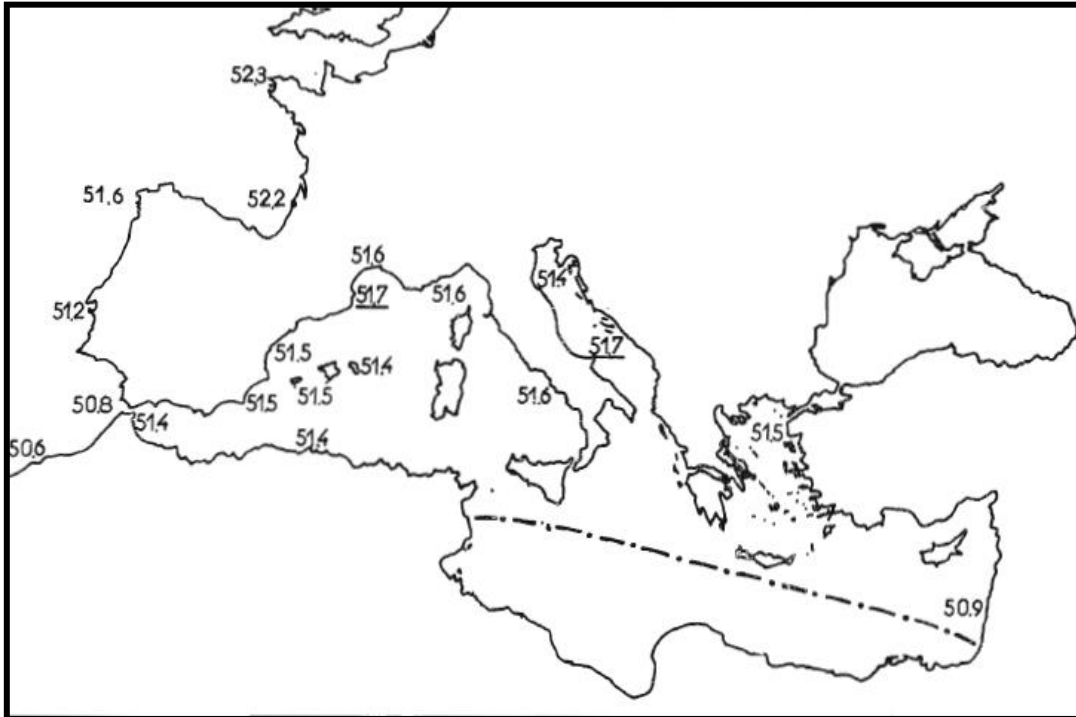
Annexe 10: Croissances pondérales théoriques (Wth) chez les mâles, les femelles et la population totale de *S. pilchardus* pêchées dans le littoral Est algérien.

Espèces	Age	Wth (g)		
		Mâles	Femelles	Population totale
<i>S. pilchardus</i>	1	4.93	3.78	2.64
	2	19.52	16.40	12.38
	3	34.59	30.88	25.97
	4	45.80	42.63	39.52
	5		50.84	51.06

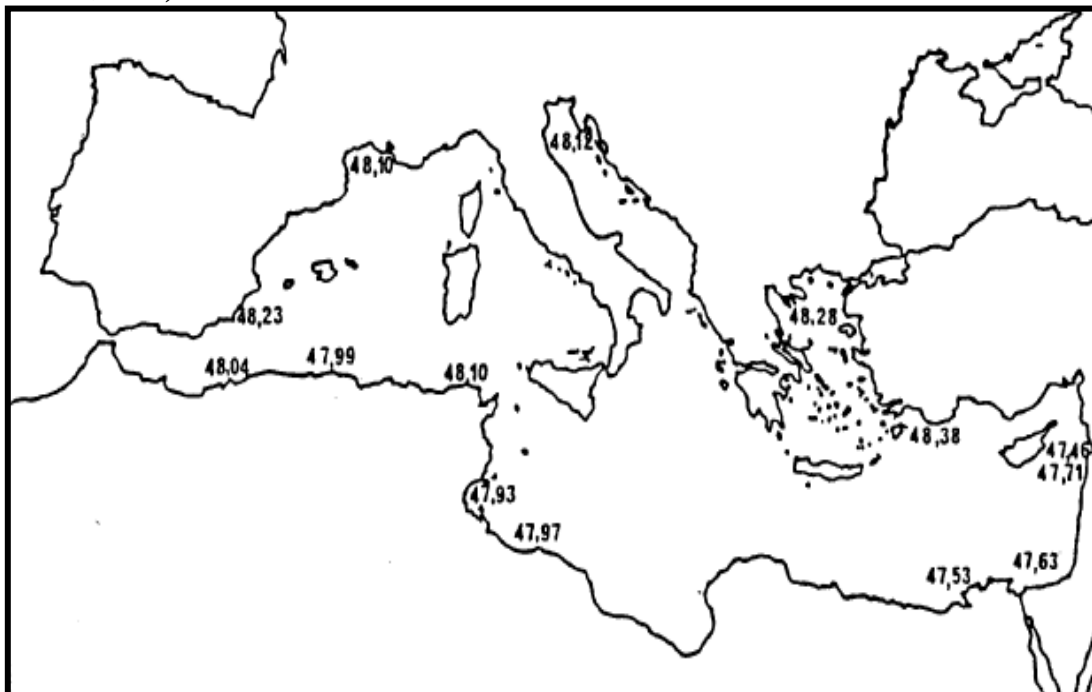
Annexe 11: Croissances pondérales théoriques (Wth) chez les mâles, les femelles et la population totale de *S. aurita* pêchées dans le littoral Est algérien.

Espèces	Age	Wth (g)		
		Mâles	Femelles	Population totale
<i>S. aurita</i>	1	7.26	5.71	5.99
	2	30.41	25.61	26.25
	3	56.55	52.85	52.74
	4	77.75	79.94	77.88
	5		103.10	98.44

Annexe 12: Distribution des moyennes vertébrales de *S. pilchardus* en Méditerranée et en atlantiques. Répartition géographique (la ligne en points et tirets marque la limite méridionale de la sardine en Méditerranée) (Lee, 1959).



Annexe 13: Distribution des moyennes vertébrales de *S. aurita* en Méditerranée (Belifa et al., 1984).



Annexe 14: Liste des productions scientifiques issues de ce travail de thèse.

Publication:

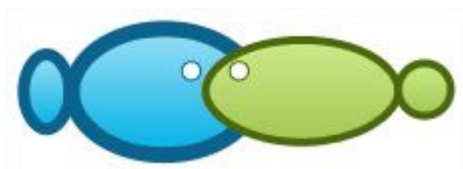
Dahel Amina Tania., Tahri Mardja., Bensouilah Mourad., Amara Rachid. and Djebbar Borhan **(2016)**. Growth, age and reproduction of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) and *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Algerian eastern coasts. AACL Bioflux, Volume 9, Issue 5:1172-1180.

Communications:

1. Dahel Amina Tania., Mardja Tahri., Rachdi Mounira., Nouara Nadir., Bendjedid Lamia. Et Djebbar Borhan **(2017)**. Etude allométrique et morphométrique de la sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) des côtes Est algériennes. VI^{ème} Rencontre Tuniso-Française d'Ictyologie: ATSMer 18-20 mars 2017.

2. Dahel Amina Tania., Tahri Mardja. And Djebbar Borhan **(2016)**. “Growth, age and reproduction of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) and *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Algerian eastern coasts” 10th Magrebian Congress on Marine Sciences and the 5th Franco-Maghrebian Congress of Zoology and Ichthyology, held at Fèz from 08th to 10th December 2016.

3. Dahel Amina Tania., Tahri Mardja. And Djebbar Borhan **(2016)**. “Age estimation of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) and *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847, 1847) in North East of Algeria”. 10th Magrebian Congress on Marine Sciences and the 5th Franco-Maghrebian Congress of Zoology and Ichthyology, held at Fèz from 08th to 10th December 2016.



Growth, age and reproduction of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) and *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Algerian eastern coasts

^{1,2}Amina Dahel, ^{1,2}Mardja Tahri, ¹Mourad Bensouilah, ³Rachid Amara, ¹Borhane Djebbar

¹ Université Chadli Bendjedid-El Tarf, El Tarf, Algeria; ² Laboratoire d'écobiologie des Milieux Marins et Littoraux, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algeria; ³ Université du Littoral Côte d'Opale, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Wimereux, France.
Corresponding author: A. Dahel, dahelzanat@hotmail.com

Abstract. The first objective of this study consists of an exhaustive description of growth, reproduction and age of 2 species of pelagic fish: the sardinella *Sardinella aurita* (N = 649) and the sardine *Sardina pilchardus* (N = 648). Samples were collected monthly from November, 2012 to October, 2013 along the Algerian eastern coasts. Concerning *S. aurita*, 7% was no identified (NI) against 22% of non-sexually differentiated (IM) individuals, 31% of males (M) and 40% of females (F). The relationship between the size and the weight revealed a majorant allometry ($b = 3.13$) from all material. The key size-age highlights that the majority of the IM (51) and adults (186) have a size included between: 8-11 cm at 0-1 year and 16-17 cm at 3-4 years respectively. From *S. pilchardus*, the proportions of females are slight higher than males (42%-41%) against 12% of immature individuals and 5% of no identified individuals. Length-weight relationships revealed the equation: $W = 0.005 L^{3.15}$ (sexes combined). The most important proportion of the males and females measures 12-15 cm at 3-4 years. Finally, estimated parameters of the von Bertalanffy model of both species were characterized.

Key Words: pelagic fish, otolithometry, life-history, key size-age, Algeria.

Introduction. Most clupeiform fishes have indeterminate fecundity (the Atlantic herring *Clupea harengus* is an exception) and are characterized by a small size, high growth rates, a relatively short life span (Sinovcic 1986; Alemany & Alvarez 1993; Voulgaridou & Stergiou 2003; Silva et al 2008), and late maturity (up to the second year of life; Silva et al 2006) occurring at a large size relative to adult size such that energy is first allocated to growth and then to reproduction (Nunes et al 2011), these characteristics, in addition to important inter-annual fluctuations in population biomass and recruitment, make their stocks especially difficult to manage (Cole & McGlade 1998; Schwartzlose et al 1999; Borges et al 2003; Carrera & Porteiro 2003; Silva et al 2009).

On the other hand, knowing the age of fishes allows us to better understand the dynamics of fish stocks and how fish populations react to exploitation and environmental stresses, and thus can be used to analyze the effect of changes in relative exploitation patterns on the stocks and enables us to provide more precise management advice to the fisheries managers (Sylla et al 2012).

In the light of this information, we have choose to undertake this investigation, on two pelagic teleost along the Algerian eastern coasts: the sardinella (*Sardinella aurita*) and the sardine (*Sardina pilchardus*), that the aims is firstly, to determine the age by otolithometry- for the first time in this area- and to establish a key size-age for those specimens, secondly to study their growth and reproduction to understand the dynamic of this population.

Material and Method

Fish sampling. Sampling was carried out monthly between November 2012 and October 2013. A total of 649 *S. aurita* and 648 *S. pilchardus* were collected along the Algerian eastern coasts: El Kala 36°54'1.02"N 08°25'23.94"E, Annaba 36°54'11"N 07°47'03"E and Chetaïbi 37°04'04"N 07°83'03"E (Figure 1), they were brought back to the laboratory on ice and then weighed (total mass -Wt, with 0.1 g accuracy) and measured (total length -Lt, in mm).

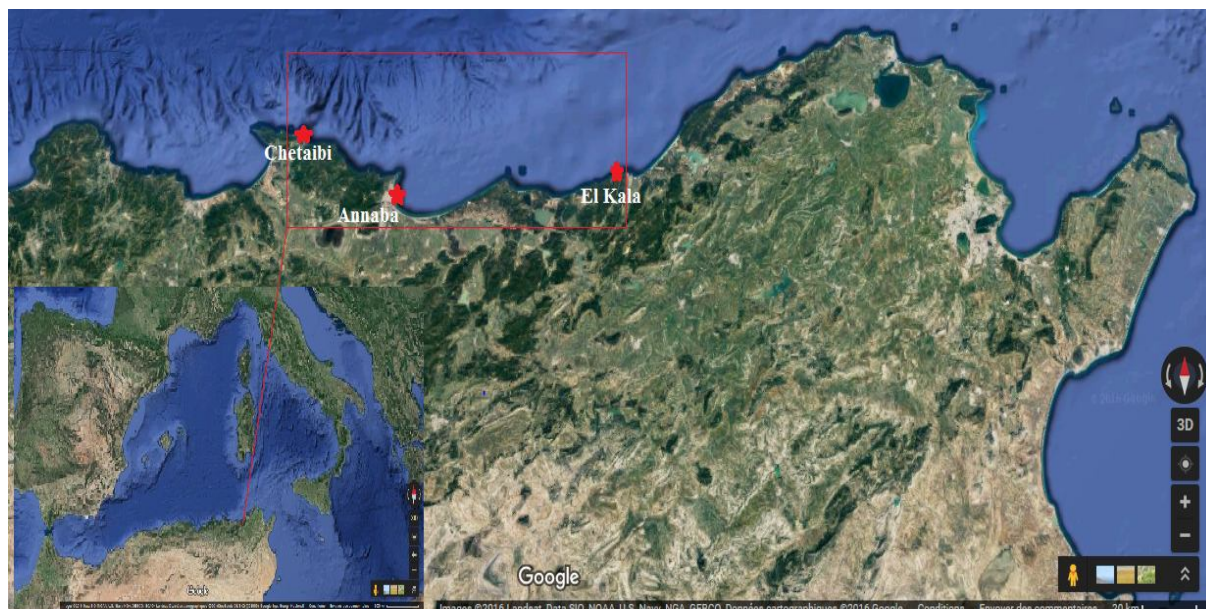


Figure 1. Northeastern of Algeria, red rectangle delimits the sampling locations.

Length-weight relationship. As fish grow in length, they increase in weight. The length–weight relationships were calculated using the equation:

$$W(t) = aLt^b$$

Where: *a* is a coefficient relative to body form;

b is an exponent indicating isometric growth when equal to 3.0, allometry marjorant when >3 and allometry minorant when <3 (Froese 2006).

Otolith analysis. The neatness of the otolith growth marks of the captured fish allowed us to interpret them directly without prior preparation using a Leica WILD M3Z microscope with reflected light against a dark background. Assessment of their age was done by counting of the winter rings (Panfili et al 2002).

Modeling of growth. For modeling of growth of the fish population in question we used the following von Bertalanffy (FCVB) equation:

$$Lt = L\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

This model is perhaps one of the most widely used models to describe age and growth relationships of fishes. The above equation describes how an individual length (*Lt*), is predicted as a function of its age (*t*) as a result of the values of the parameters *k* and *L∞*. *k* is the instantaneous growth rate (units of time, year-1) and *L∞* is the maximum length attained by an average individual in the population.

Results

Sex-ratio. Concerning *S. aurita*, 7% was no identified (NI) against 22% of non-sexually differentiated (IM) individuals, 31% of males (M) and 40% of females (F) (Figure 2).

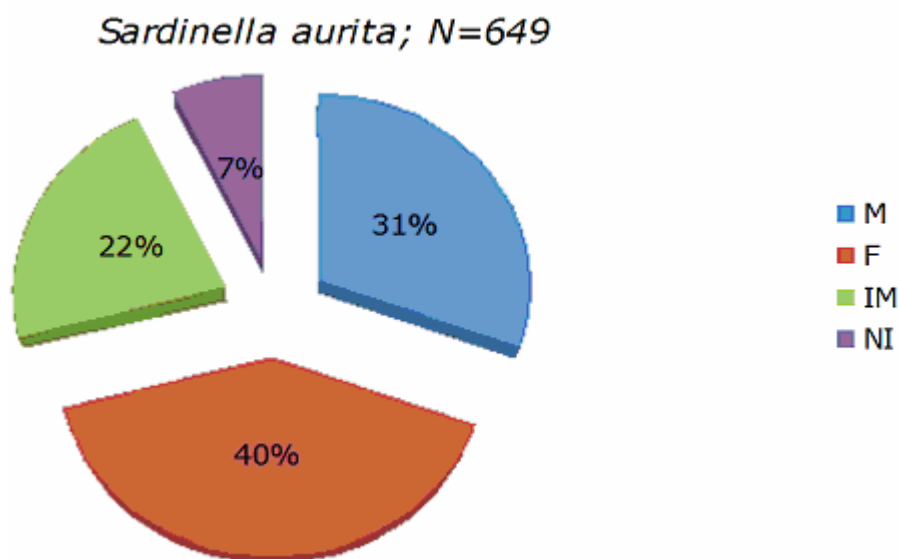


Figure 2. Proportion of different stage of *Sardinella aurita* from the Algerian eastern coasts.

Out of the total sardine specimens analyzed during the study (N = 648), 264 (41%) specimens were males, 273 (42%) were females, 76 (12%) non-sexually differentiated (IM) individuals and 35 (5%) undetermined specimens, giving an overall sex ratio of 0.97 (Figure 3).

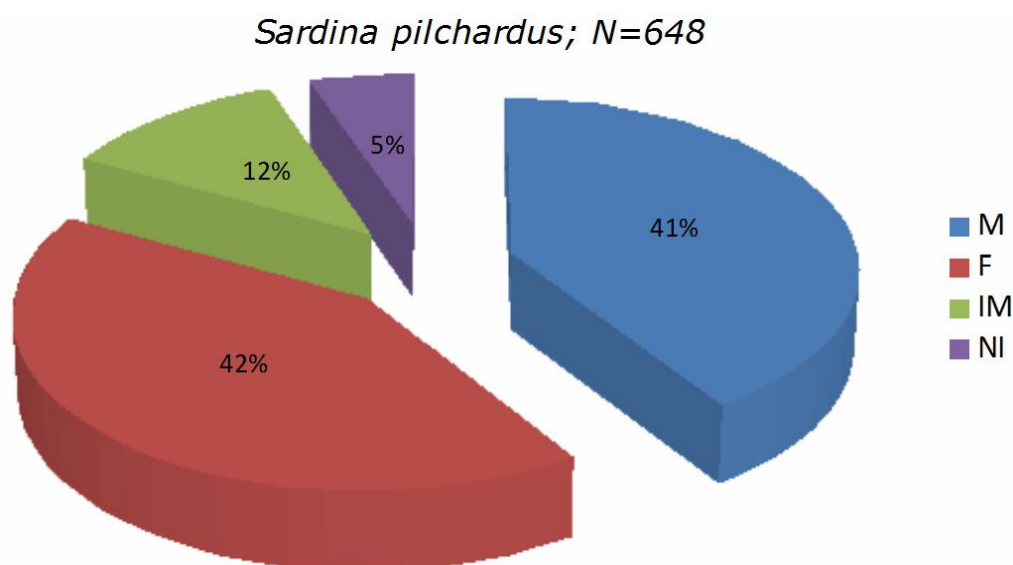


Figure 3. Proportion of different stage of *Sardina pilchardus* from the Algerian eastern coasts.

Length-weight relationship. A total of 1,297 specimens of *S. aurita* and *S. pilchardus*, ranging in total length from 8 to 25.5 cm (mean 15.74 ± 3.26 cm) and 8.3 to 19.5 cm (mean 14.15 ± 1.69 cm) respectively and in weights between 3.71-140.27 g (mean 32.72 ± 20.93 g) and 3.71-54.73 g (mean 22.18 ± 8.08 g) respectively, were sampled.

Relationships were calculated for males, females and non-sexually differentiated individuals (Table 1) of *S. aurita*. Females had a slight higher regression coefficient ($b = 3.16$; $R^2 = 0.98$) than males ($b = 3.13$; $R^2 = 0.97$). The relationship for non-sexually differentiated specimens was: $W = 0.0057 LT^{3.09}$; $R^2 = 0.98$. The slope of the regressions and regression coefficients indicate the majorant allometry nature of growth for all material (Table 1).

Table 1

Length-weight relationship of both species from the Algerian eastern coasts

Sexes	<i>N</i>		<i>a</i>		<i>b</i>		<i>R</i> ²		<i>Allometry type</i>	
	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>
M	199	264	0.0052	0.0045	3.13	3.18	0.97	0.93	majorant	
F	261	273	0.0047	0.00456	3.16	3.19	0.98	0.92	majorant	
IM	143	76	0.0057	0.006	3.09	3.07	0.98	0.94	majorant	

IM - non-sexually differentiated individuals, M – males, F – females.

Concerning *S. pilchardus*, the relationship between length and weight was from males, females and non-sexually differentiated individuals: $W = 0.0045 LT^{3.18}$, $W = 0.0046 LT^{3.19}$ and $W = 0.006 LT^{3.07}$ respectively. The allometry coefficient b is higher than 3 reflecting that growth is a majorant allometric (Table 1).

Key size-ages. Otolith examination based on specimens samples caught in the Algerian eastern coasts gave a success rate of 90.60% (588/649) of *S. aurita*, it highlighted that the total length is ranged between 8 and 25.5 cm, and their age between 11 months and 7 years. Males ranged in size from 12.7 to 24.4 cm (from 1.16-6 years) and females from 12.7 to 25.5 cm (from 1.16-6 years). Non-sexually differentiated individuals were between 8 and 14.7 cm long (from 11 months-3.9 years). The age 3-4 years is the most dominant for males (86) and females (100) (Table 2).

Table 2

Key size-ages (cm-years) for *Sardinella aurita* from the Algerian eastern coasts

Size (cm)	Age class															
	0-1		1-2		2-3			3-4			4-5		5-6		6-7	
	IM	IM	M	F	IM	M	F	IM	M	F	M	F	M	F	M	F
8-9	36															
10-11	15	32			4											
12-13		11	5	5	26	4	5	5		1						
14-15			1	5	5	28	51	5	22	31	1	1				
16-17						5	8		48	55	15	13	3	4		
18-19									14	11	24	22	4	8		
20-21								2	1	5	13	6	4	1		
22-23										1	1	5		5	2	3
24-25.5												1	1	3		1

IM - non-sexually differentiated individuals, M – males, F – females.

Concerning *S. pilchardus*, otolith readings gave a success rate of 87.96% (570/648), age range of the sampled fish was 10.8 months – 6.75 years, with a predominance of age classes of 3–4 years in the catch (51.22% individuals). Females predominated in almost all age classes, except in 4-5 years (predomination of males). Finally, in age class 3-4 years, both sexes were equally presented (Table 3).

Table 3

Key size-ages (cm-years) for *Sardina pilchardus* from the Algerian eastern coasts

Size (cm)	Age class															
	0-1		1-2		2-3			3-4			4-5		5-6		6.75	
	IM	IM	M	F	IM	M	F	IM	M	F	M	F	M	F	M	
8-9	2	6			3											
10-11	2	5	2	2	15	7	4	1	2	1						
12-13			1	2	21	21	30	6	60	37	2	1				
14-15						6	7		80	102	34	31		1		
16-17									1	2	28	26	4	10		
18-19											1	1	1	1	1	

Modeling of growth. Estimated parameters by the direct method of von Bertalanffy were resumed in the following Table 4. It shows that the males and the non-sexually differentiated individuals of *S. aurita* have a slight high growth rate ($k = 0.18$ and 0.19

year⁻¹ respectively) than females $k = 0.13$ (year⁻¹) and that these, therefore, reach a final size (asymptotic length) $L_{\infty} = 32.26$ cm higher than males $L_{\infty} = 27.3$ cm (Table 4).

Concerning *S. pilchardus*, juvenile exhibit an extremely fast growth ($k = 0.8$) but the rate of growth ($k = 0.2$) and the asymptotic length ($L_{\infty} = 21.04$ cm) are the same in both sexes (Table 4).

Table 4

Growth parameters of both species from the Algerian eastern coasts

Sexes	$L_{\infty}(cm)$		$K(year^{-1})$		$t_0(year)$	
	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>
M	27.3	21.04	0.18	0.2	-1.9	-2.4
F	32.26	21.04	0.13	0.2	-1.99	-2.4
IM	18.41	11.99	0.19	0.8	-3.01	-1.11

Discussion. The sex-ratio in the population of *S. aurita* and *S. pilchardus* along the Algerian eastern coasts is in favor of females (40% and 42% respectively). The dominance of the females seems to be a general rule to Clupéidae (Boëly 1980) because it was noticed at other species: *Sardinella maderensis* (Boëly 1979) and anchovy *Engraulis mordax* (Parrish et al 1986). The numerical superiority of the females can be the result of several factors among whom the most credible would be a bigger longevity and a fast growth of the females (precocious development of the ovaries), a more important vulnerability in relation to the devices of gear of fishing or else of the migratory movements different from those of the males (Khemiri & Gaamour 2009). Furthermore, variations of the sex ratio at different sizes are related to unequal rates of growth and mortality (Turner et al 1983).

Our results regarding sex-ratio is in agreement with the results of several authors in different area: in Morocco (Baali et al 2015), Balearic Islands (Andreu & Rodriguez-Roda 1952), Senegalese coast (Conand 1977; Boëly 1979), EEZ Mauritanian (Cheibany 1990). According to Diouf et al (2010), there is a predominance of males among the first individuals arrived, followed by a numerical inequality of females and males, and a female predominance in late migration.

Analysis of length-weight relationship showed that female had a slight higher regression coefficient from both species and that the slope of the regressions indicates the majorant allometry nature of growth for all material.

Our age and growth estimates from *S. pilchardus* are similar to those calculated on the age-length data reported by: Brahmi et al in Algiers (1998) ($a = 0.00385$; $b = 3.20$), Bouchereau (1981) ($a = 0.0096$; $b = 3.48$) in the Bay of Oran, Guerault & Avrilla (1978) in the gulf of Gascogne ($a = 0.00395$; $b = 3.24$); and from *S. aurita* by: Baali et al (2015) in Morocco, Camarena (1986) and Boëly (1979) in Senegal, Ghéno & Fontana (1981) in Congo and Holzlohner et al (1983), Wagué & Mboj (2002), Diouf et al (2010), Samba (2011) in Mauritania. On the contrary, in the same region Bedairia & Djebbar (2009) and Kartas (1981) in Tunisia found from *S. pilchardus* an isometric growth results ($a = 0.00488$; $b = 3.055$). A number of factors such as growth phase, season, degree of stomach fullness, gonad maturity, sex, size range, health and general fish condition, and preservation techniques are known to influence the length-weight relationship in fishes (Bedairia & Djebbar 2009).

Our study on the growth of *S. aurita* showed that this species has a slow growth, with a maximum age observed in 7 years. In Morocco, Baali et al (2015) show that this species has a rapid growth, with a maximum age observed in 5 years, reaching average 19 cm after one year. Other studies showed that the growth of *S. aurita* is fast, reaching an average of 18 cm after one year (Camarena 1986; Cury & Fontana 1988). In the Senegalese coast, the size is growing rapidly, reaching its maximum after 3 years of life. The recent study of the growth of *Sardinella* from peninsula of Cape Verde, performed by Samba (2011), also shows very rapid growth of *S. aurita* with maximum observed

morphological trait at 4 years. The interpretation of the results is complicated by the existence of two relatively long breeding seasons and migrations carried out by this fish. The difference concerning, in particular, the growth rate may be fast for some, or relatively slow for others (Baali et al 2015).

The analysis of the growth performed without discrimination between sexes point out that the sardine can live until 6.25 years, juvenile exhibit an extremely fast rate of growth ($k = 0.8$) notably in the course of first 3 years of life, however, and from the third year, the growth in length becomes of more in slower, and is possible to be estimated in some millimeters/year. Sardine populations across the Atlantic and Mediterranean waters show large variation in Von Bertalanffy growth parameters and maximum age and the longevity of sardine in the Atlantic is higher than in the Mediterranean; indeed, in the Mediterranean, the ages recorded show a maximum of 6 years and correspond to values of L_{∞} of 22.56 cm, 19.44 cm and 22.58 cm, respectively from Gulf of Annaba-Algeria (Bedairia & Djebbar 2009), Bou-Ismaïl-Algeria (Mouhoub 1986) and Galicia-Spain (Álvarez 1980). In the Atlantic, however, longevity is 8 years, which corresponds to asymptotic lengths of 25.5 cm in the Bay of Biscay (Guerault 1980) and 24 cm in the east Atlantic (Copace 1978). It is extremely difficult to assess the possible influence on growth rates that is directly ascribable to the different environmental and biological factors in the regions considered, the most likely candidates, i.e., temperature, food availability, competition, and predation, have mainly been determined for larvae or in laboratory studies (Morales-Nin & Perterra 1990).

Conclusions. This study highlights the following points:

- * The sex-ratio in the population of *S. aurita* and *S. pilchardus* is in favor of females (40% and 42% respectively);
- * The relationship between the size and the weight revealed a majorant allometry for both species;
- * The growth of both species is relatively slow but juvenile of *S. pilchardus* exhibit an extremely fast rate of growth ($k = 0.8$).

References

- Alemany F., Alvarez F., 1993 Growth differences among sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) populations in western Mediterranean. *Scientia Marina* 57:229–234.
- Álvarez F., 1980 Growth studies of *Sardina pilchardus* (Walb) in Galicia waters (N. W. Spain). International Council for the Exploration of the Sea, Pelagic Fish Committee, C.M. 1981/H, 29:1–11.
- Andreu B., Rodriguez-Roda J., 1952 Considération sur la proportion des sexes dans la pêche de poissons pélagiques dans la Méditerranée et leur signification statistique. *Vie et Milieu Suppl* 2:271–281.
- Baali A., Yahyaoui A., Amenzoui K., Manchi K., Abderrazik W., 2015 A preliminary study of reproduction, age and growth of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) in the southern of Atlantic Moroccan area. *AACL Bioflux* 8(6):960–974.
- Bedairia A., Djebbar 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. *Animal Biodiversity and Conservation* 32(2):89–99.
- Boëly T., 1979 Biologie des deux espèces de sardinelles: *Sardinella aurita* Valenciennes 1847 et *Sardinella maderensis* (Lowe 1841) des côtes sénégalaises. Thèse Doctorale d'état, Université de Paris VI:286.
- Boëly T., 1980 Étude du cycle sexuel de la sardinelle plate: *Sardinella maderensis* (Lowe, 1841) des côtes sénégalaise. *Cybiu* 3e sér 8:77–88.
- Borges M. F., Santos A. M. P., Crato N., Mendes H., Mota B., 2003 Sardine regime shifts off Portugal: a time series analysis of catches and wind conditions. *Scientia Marina* 67(Supplement 1):235–244.
- 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^{ème} cycle, Université Aix– Marseille II.

- 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. *Marine Populations Dynamics* 35:57-64.
- Camarena T. L., 1986 Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal: biologie et évaluation des ressources. Thèse de Doctorat Université Bretagne Occidentale, France, 187 pp.
- Carrera P., Porteiro C., 2003 Stock dynamic of the Iberian sardine (*Sardina pilchardus*, W.) and its implication on the fishery off Galicia (NW Spain). *Scientia Marina* 67(Supplement 1):245–258.
- Cheibany A., 1990 Méthodes d'étude des paramètres biologiques. Rapp. Stage fin d'études CNROP. Nouadhibou.
- Cole J., McGlade J., 1998 Clupeoid population variability, the environment and satellite imagery in coastal upwelling systems. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8:445–471.
- Conand C., 1977 Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle ronde, *Sardinella aurita*: pêche sardinière dakaroise en 1975 et premier semestre 1976. *Cahiers Orstom Série Océanographie* 15(4):301-312.
- Cury M. P., Fontana A., 1988 Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest africaines. *Aquatic Living Resources* 1:165–180.
- Diouf K., Samb B., Sylla M., 2010 Contribution à la connaissance de la biologie des sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) du littoral sénégalais. Dans: Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale. S. Garcia, M. Tandstad, Caramelo A. M. (eds), pp. 39–56, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc. FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18, Rome, FAO.
- Froese R., 2006 Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241-253.
- Ghéno Y., Fontana A., 1981 Les stocks de petits pélagiques côtiers les sardinelles. In: Milieu marin et ressources halieutiques de la république de la république populaire du Congo, A. Document. Orstom, Paris, 138:213-257.
- Guerault D., Avrilla J. L., 1978 La sardine de la côte des landres. *Pêche et biologie. CIEM.C. M./H.*, 23:1–18.
- Guerault D., 1980 La croissance linéaire de la sardine du golfe de Gascogne. Ses variations à long terme. *CIEM.C. M./H.*, 40:1–9.
- Holzlöhner S., Kloxin C., Pingel C., Hoffmann U., 1983 On the species composition and length-age structure of the most important pelagic fishes off Mauritania in 1982. *International Council for the Exploration of the Sea, Pelagic Fish Committee*, 44 pp.
- Kartas F., 1981 Les clupéidés de Tunisie. Caractéristiques biométriques et biologiques. Étude comparée des populations de l'Atlantique est et de la Méditerranée. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tunis, Faculté des sciences, 608 pp.
- Khemiri S., Gaamour A., 2009 Relation taille –masse, condition relative et cycle sexuel des anchois et des sardines des côtes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô* 36:45-57.
- Morales-Nin B., Pertierra J. P., 1990 Growth rates of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* in the Northwestern Mediterranean Sea. *Marine Biology* 107:349-356.
- 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.
- Nunes C., Silva A., Soares E., Ganiás K., 2011 The Use of Hepatic and Somatic Indices and Histological Information to Characterize the Reproductive Dynamics of Atlantic *Sardine Sardina pilchardus* from the Portuguese Coast. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 3(1):127-144.

- Panfili J., (de) Pomuai H., Troadec H., Wright P. J. (eds), 2002 Manuel de sclérochronologie des poissons Coédition Ifremer-IRD, pp. 464.
- Parrish R. H., Mallicoate D. L., Klingbeil R. A., 1986 Age dependent fecundity, number of spawning per year sex ratio, and maturation stages in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fisheries Bulletin 84:503-517.
- Samba O., 2011 Nouvelle évaluation des caractéristiques biologiques de *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) et *Sardinella maderensis* (Lowe, 1841). Mémoire de DEA, IUPA/UCAD, 45 pp.
- Schwartzlose R. A., Alheit J., Bakun A., Baumgartner T. R., Cloete R., Crawford J. M., Fletcher W. J., Green-Ruiz Y., Hagen E., Kawasaki T., Lluch-Belda D., Lluch-Cota S. E., MacCall A. D., Matsuura Y., Nervaez-Martinez M. O., Parrish R. H., Roy C., Serra R., Shust K. V., Ward M. N., Zuzunaga J. Z., 1999 Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. South African Journal of Marine Science 21:289–347.
- Silva A., Santos M. B., Caneco B., Pestana G., Porteiro C., Carrera P., Stratoudakis Y., 2006 Temporal and geographic variability of sardine maturity at length in the north-eastern Atlantic and the western Mediterranean. ICES Journal of Marine Science 63:663–676.
- Silva A., Carrera P., Massé J., Uriarte A. D., Santos M. B., Oliveira P. B., Soares E., Porteiro C., Stratoudakis Y., 2008 Geographic variability of sardine growth across the northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea. Fisheries Research 90:56–69.
- Silva A., Skagen D. W., Uriarte A., Massé J., Santos M. B., Marques V., Carrera P., Beillois P., Pestana G., Porteiro C., Stratoudakis Y., 2009 Geographic variability of sardine dynamics in the Iberian Biscay region. ICES Journal of Marine Science 66:495–508.
- Sinovic G., 1986 Estimation of growth, mortality, production and stock size of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.), from the middle Adriatic. Acta Adriatica 27:67–74.
- Sylla M., Wagué A., El Yousoufi A., Mendy A., Diagne A., Amenzoui K., Darboe F., Santamaria M. T. G., Timoshenko N., Morgado C., Caramelo A. M., Tandstad M., 2012 Age estimation of sardine (*Sardina pilchardus*) and round sardinella (*Sardinella aurita*) in Northwest Africa. In: Science and management of small pelagics. Garcia S., Tandstad M., Caramelo A. M. (eds), Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco.
- Turner S. C., Grimes C. B., Able K. W., 1983 Growth, mortality, and age/size structure of the fisheries for the tilefish, *Lopholatilus chamaeleonticeps*, in the middle Atlantic-Southern New England region. Fisheries Bulletin 81:751-763.
- Voulgaridou P., Stergiou K. I., 2003 Trends in various biological parameters of the European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the eastern Mediterranean Sea. Scientia Marina 67(Supplement 1):269–280.
- Wagué A., M'bodj O. B., 2002 Étude de quelques aspects de la reproduction chez la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (Valencienne, 1847) pêchée le long des côtes mauritaniennes. Bulletin Scientifique de l'Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches 29:13-18.
- *** Copace FAO, 1978 Rapport du groupe de travail sur l'unification de détermination de l'âge de la sardine (*Sardina pilchardus*, WALB). COPACE/TECH/78/8/Dakar (Fr): 1–9.

Received: 22 September 2015. Accepted: 27 October 2016. Published online: 30 October 2016

Authors:

Amina Dahel, Université Chadli Bendjedid-El Tarf, Algeria, El Tarf 36000, B.P. 73; Université Badji Mokhtar, Laboratoire d'écobiologie des milieux marins et littoraux, Algeria, Annaba, 23000, B.P.12, e-mail: dahelzanat@hotmail.com

Mardja Tahri, Université Chadli Bendjedid-El Tarf, Algeria, El Tarf 36000, B.P. 73; Université Badji Mokhtar, Laboratoire d'écobiologie des milieux marins et littoraux, Algeria, Annaba, 23000, B.P.12, e-mail: mardja.tahri@yahoo.fr

Mourad Bensouilah, Université Chadli Bendjedid-El Tarf, Algeria, El Tarf 36000, B.P. 73, e-mail: bensouilah_mourad@yahoo.fr

Rachid Amara, Université du Littoral Côte d'Opale, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, France, 62930 Wimereux, UMR 8187 CNRS, 32 Foch Avenue, e-mail: rachid.amara@univ-littoral.fr

Borhane Djebbar, Université Chadli Bendjedid-El Tarf, Algeria, El Tarf 36000, B.P. 73, e-mail: djebbarborhane2000@yahoo.fr

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

How to cite this article:

Dahel A., Tahri M., Bensouilah M., Amara R., Djebbar B., 2016 Growth, age and reproduction of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) and *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Algerian eastern coasts. AACL Bioflux 9(5):1172-1181.