

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة الجليلي بونعامة لخميس مليانة
Université Djilali Bounaama De KhemisMeliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie des sciences de la terre
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Hydrobiologie marine et continentale
Spécialité : Hydrobiologie Appliquée

***Contribution à l'évaluation du stock d'un petit pélagique :
Sardina pilchardus (Walbaum, 1792).
dans la région ouest de l'Algérie***

Par ALMANI Naima & ZEMANE Abdelhak

Soutenu le 04/07/2019 devant la commission de jury compose de :

| | | | |
|--------------------|-----|----------------|---------------|
| M. DJEZZAR M. | MCB | U. D. B. K. M. | Président |
| M. ZEGHDOUDI E | MAA | U. D. B. K. M. | Examinateur |
| M. KASSAR A. | MAA | E.N.S.S.M.A.L | Examinateur |
| Mme HANDJAR H. | MAA | U. D. B. K. M. | Promotrice |
| Mme BOUFERSAQUI S. | MCB | E.N.S.S.M.A.L. | Co-promotrice |

Année universitaire : 2018/ 2019

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le Tout-Puissant pour nous donner la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Avant d'entamer l'exposé qui fait l'objet de ce mémoire, et c'est pour nous un très agréable devoir, nous sommes heureux de pouvoir remercier tous ceux qui nous ont aidés à le mener à terme.

Nous adressons nos respectueux remerciements aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur de participer à l'évaluation de notre travail. Nous sommes certains de pouvoir compter sur leurs vastes connaissances et leurs esprits critiques constructifs pour nous aider, par leurs commentaires et leurs discussions, à mieux comprendre certains problèmes rencontrés au cours de ce travail d'initiation à la recherche et apporter leurs critiques.

Qu'il nous soit plus particulièrement permis de dire toute nos reconnaissances à ceux qui se sont déplacés, pour participer à ce jury.

Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements à madame HANDJAR ZEMANE., qui nous a soutenus tout au long de notre travail,

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous les enseignants qui nous ont enseigné et soutenue dans la poursuite de nos études, plus spécialement M. Djeddar., enseignant-chercheur à université de Khemis Meliana, dont les conseils et directives ont été très utiles à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier vivement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.

Merci à tous

Sommaire :

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 1 |
| Chapitre I : Données générales et échantillonnage | 3 |
| 1. Données générales..... | 3 |
| 1.1. Zone d'étude..... | 3 |
| 1.1.1. Description générale..... | 3 |
| 1.1.2. Conditions environnementales..... | 4 |
| 1.2. Présentation de l'espèce étudiée..... | 6 |
| 1.2.1. Position systématique..... | 7 |
| 1.2.2. Description..... | 7 |
| 1.2.3. Habitat et biologie..... | 8 |
| 1.2.4. Engins de pêche..... | 8 |
| 2. Echantillonnage..... | 8 |
| 2.1. Les prélèvements..... | 8 |
| 2.2. Mensurations et pesées..... | 9 |
| 2.3. Conservation et traitements au laboratoire..... | 9 |
| Chapitre II : Biologie | 10 |
| 1. Age et croissance..... | 10 |
| A. Croissance linéaire..... | 10 |
| 1. Méthodes d'étude..... | 10 |
| 1.2. Détermination des paramètres de croissance..... | 11 |
| 2. Résultats et discussions..... | 12 |
| 2.1. Analyse des structures de taille..... | 12 |
| 2.2. Clé âge-longueur..... | 12 |
| 2.2.1. Otolithométrie (lecture directe)..... | 13 |
| 2.3. Détermination des paramètres de croissance..... | 13 |
| B. Croissance relative..... | 14 |
| 1. Méthodes d'étude..... | 14 |
| 1.1. Relations biométriques..... | 14 |
| 1.2. Relation taille-poids..... | 15 |
| 1.3. Croissance pondérale..... | 15 |
| 2. Résultats..... | 16 |
| 2.1. Relations biométriques..... | 16 |
| 2.2. Relation taille-poids..... | 16 |
| 2.3. Croissance pondérale..... | 17 |
| 3. Discussion..... | 18 |
| Chapitre III : Exploitation | 22 |
| 1- Méthodes d'étude..... | 23 |
| 1.1. Détermination des paramètres d'exploitation..... | 23 |
| 1.1.2. Mortalités..... | 23 |
| 1.1.2.1. La mortalité totale (Z)..... | 23 |
| 1.1.2.2. La mortalité naturelle (M)..... | 24 |
| 1.1.2.3. La mortalité par pêche (F)..... | 24 |
| 1.1.3. Recrutement et sélection..... | 24 |
| 1.1.3.1. La taille de recrutement (Lr)..... | 24 |
| 1.1.3.2. La taille de sélection (Lc)..... | 25 |
| 1.2. Analyse des populations virtuelles..... | 25 |
| 1.3. Modèles prédictifs..... | 25 |

| | |
|--|----|
| 1.3.1. Le modèle de Beverton-Holt (1957)..... | 26 |
| 1.3.2. Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934)..... | 26 |
| 2. Résultats..... | 28 |
| 2.1. Mortalités..... | 28 |
| 2.1.1. Mortalités et taux d'exploitation..... | 28 |
| 2.1.2. Tailles de recrutement et de sélection..... | 29 |
| 2.2. Analyse des populations virtuelles..... | 30 |
| 2.3. Modèles prédictifs..... | 32 |
| 2.3.1. Le modèle de Beverton-Holt(1957)..... | 32 |
| 2.3.2. Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934)..... | 33 |
| 3. Discussion..... | 34 |
| Conclusion..... | 36 |
| Références bibliographiques..... | 38 |

Introduction

Pourvue d'une façade maritime de plus de 1200 km, l'Algérie a une vocation maritime certaine. La pêche professionnelle présente une activité non négligeable, dont l'essentiel de la production est réalisé par les chalutiers et les senneurs.

Les poissons pélagiques, également appelés «poissons bleus», vivent entre la surface et le fond (appelée zone pélagique ou colonne d'eau) entre 0 et -200 m. Les petits poissons pélagiques (PP) regroupent plusieurs centaines d'espèces qui se caractérisent par des migrations horizontales et verticales dans les eaux côtières (Fréon et al., 2005). Ils constituent la plus grande part des captures marines mondiales avec 19.9 million de tonnes en 2009 soit 22% des captures mondiales totales (FAO, 2011).

La raison principale qui a déterminé l'orientation de notre recherche vers l'étude des petits pélagiques est son grand intérêt tant sur le plan écologique qu'économique.

Le groupe des petits pélagiques est constitué par l'ensemble des poissons de petite taille qui passent la plus grande partie sinon la quasi-totalité de leur phase adulte en surface ou en pleine eau. Ces espèces sont totalement libres à l'égard du fond et sont indépendantes de la nature du substrat (Laloë et Samba, 1990 ; Collignon, 1991).

Les pêcheries algériennes sont des pêcheries mixtes; à savoir, plusieurs flottilles exploitent en concurrence la même ressource et une flottille exploite plusieurs ressources ; les petits pélagiques font l'objectif d'une telle pêcherie ce qui rend difficile sa gestion. Pour assurer une exploitation rationnelle de ces richesses nationales, on s'est intéressé à la détermination des principaux paramètres biologiques de la sardine, *Sardina pilchardus* qui présente un intérêt commercial, ainsi qu'à l'évaluation de la biomasse exploitable.

À la question de savoir le pourquoi du comment de la rareté des produits de la mer, il faudrait évaluer l'état des stocks de poissons.

Des recherches et observations sur l'étude de l'âge et de la croissance *Sardina pilchardus* vont nous permettre d'obtenir les paramètres de croissance et leurs paramètres d'exploitation de cette espèce. Le modèle rétrospectif de Jones (1983) et ceux prédictif de Thompson et Bell (1934) et du rendement relatif par recrue (Y'/R) nous permettrons d'apprécier l'état des stocks.

Chapitre I : Données générales et échantillonnage

1. Données générales

1.1. Zone d'étude

1.1.1. Description générale

La côte Algérienne s'étend sur 1200 km de Marsat Ben-Mhidi (35° 11' 38" N 01° 51' 37" W) jusqu'à El-Kala (36° 53' 44" N 8° 26' 36" E). Cette côte peut être divisée en trois grands secteurs (les zones de pêche de Zemmouri, Alger, Bouharoun et Cherchell. Quant à Mostaganem, Arzew, Oran, Beni-Saf et Ghazaouet appartiennent au secteur Ouest.

Les échantillons des espèces étudiées proviennent du secteur Ouest qui s'étend de la frontière algéro-marocaine à l'ouest jusqu'à Ténès à l'est.

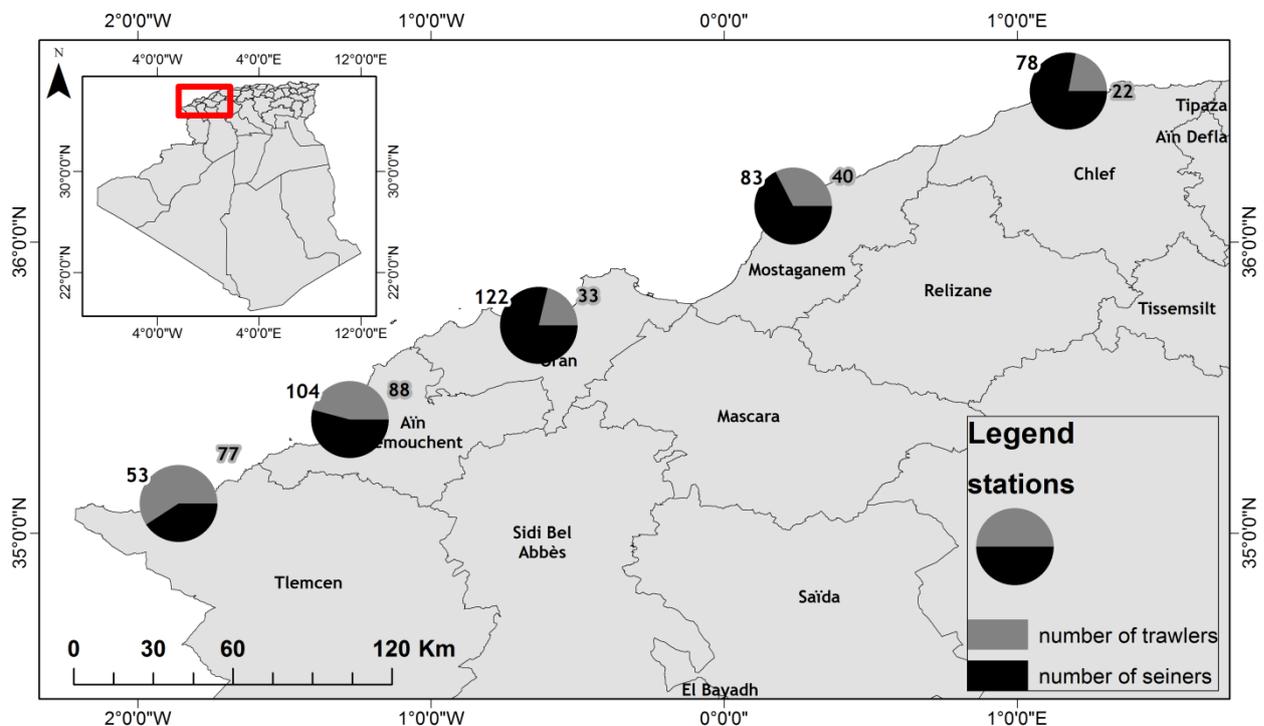


Figure 1: Zones d'échantillonnage.

La côte algérienne se caractérise par une nature essentiellement rocheuse. De petites chaînes de montagne séparent certaines plaines (comme la Mitidja et la plaine d'Annaba) du rivage. La topographie sous-marine correspond à celle de la côte (Lalami, 1979) :

- une succession de baies d'importance inégale présentent un fond à substrat meuble, favorable aux arts traînants. Ces fonds s'étendent en pente douce jusqu'à l'isobathe 800m bien que souvent interrompus de vallées sous-marines ;

- des fonds rocheux avec des fosses profondes, correspondant aux zones littorales montagneuses.

Les différents secteurs de la côte sont caractérisés par un plateau continental très réduit, voir absent. Le talus continental est très étroit ; sa largeur est d'environ 10 milles marins. Les fonds de 100m sont situés à moins de 5 milles marins des côtes. Cependant dans le golfe d'Arzew à l'Ouest et celui d'Annaba à l'Est, le talus est en pente douce et s'étale sur une grande distance.

L'étude de la bionomie benthique des fonds du bassin algérien reste très fragmentaire. Ce sont surtout les travaux des anciens auteurs qui ont décrit ces différents fonds. Nous empruntons à Seridji (2000), l'essentiel de leurs résultats qui ont été synthétisés par (Hemida 2005). De Ghazaouet à Oran, les fonds sont parsemés d'accidents topographiques, entourés de coraux (*Dendrophylliicornigera* et *Lopheriaprolifera*), qui surgissent de 400 à 600m de profondeur à 200m de la surface. Les fonds sont caractérisés par des vases sableuses à *Pennatularubra*, *Alcyoniumpalmatum* et des vases profondes à funiculines fréquentées par *Parapenaeuslongirostris*, des sables et graviers grossiers, des sables vaseux à *Brisingella* (400 et 600m), près des îles Habibas. Au nord-ouest de ces îles et aux abords de la fosse qui les entoure, entre 400 et 700m, les fonds sont nettement plus vaseux et à faciès à *Isidella*. On y trouve les crustacés décapodes *Aristeusantennatus* et *Palinurusmauritanicus*.

Dans le golfe d'Arzew, le talus s'étend sur 30 milles marins environ et les fonds sont recouverts par les alluvions du Chelif. Les types de fond que l'on rencontre sont :

- entre 80 et 280m un fond de vase terrigène côtière à Alcyonaire ;
- entre 280 et 450m, des fonds à vase jaunâtre molle en surface, plus compacte en profondeur;
- entre 450 et 700m, des fonds à vase jaune fluide.

1.1.2. Conditions environnementales

Des vues synoptiques simultanées de SST et la surface concentration en chlorophylle -a- (CSC) pour décrire et interpréter les principaux processus spatio-temporelles qui se produisent dans cette zone côtière très dynamique. Des informations instantanées de deux variables via le capteur MODIS du satellite NASA (ModerateResolution Imaging Spectroradiometer) offre une occasion unique d'étudier les processus physiques et bio-chimiques qui se produisent près de la surface de la mer.

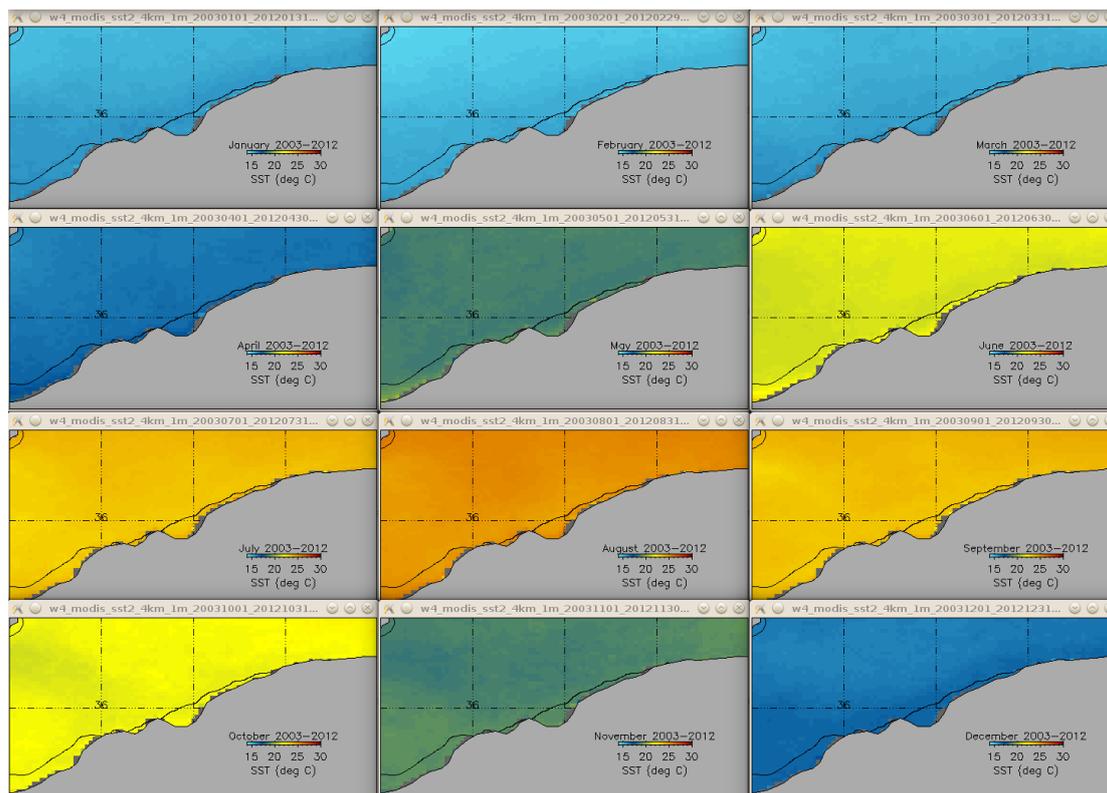


Figure 2. SST calculé à partir MODIS produits des données satellitaires sur la région ouest de l'Algérie.

Les études dédiées à ces phénomènes et à leur influence sur la biologie ont été peu nombreuses jusque dans les années Dans le bassin algérien, les tourbillons anticycloniques sont dits de méso-échelle parce qu'ils mesurent entre 50 et 250 km de diamètre et ont une durée de vie de plusieurs mois à plusieurs années. Ces tourbillons, engendrés par l'instabilité du courant algérien sont responsables d'une importante variabilité biologique.

La température de la surface de mer estimée à partir de MODIS produits de données satellitaire sur la région ouest de la côte algérienne (Fig.2) montre que la température oscille entre environ 15°C et 20°C tandis que la concentration mensuelle moyenne en chlorophylle a (mg m^{-3}) ((Fig.3) dénote une grande variabilité, les concentrations élevées sont enregistrées en avril et le mois de décembre.

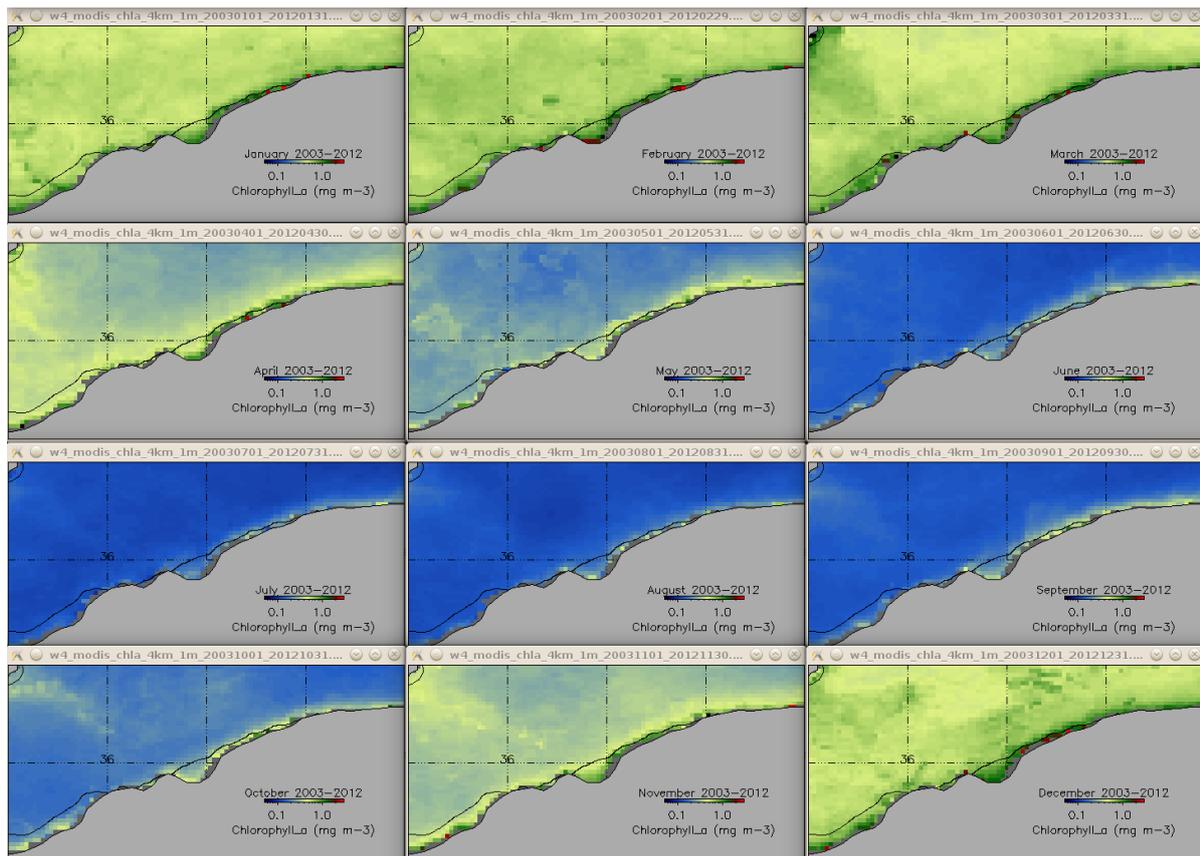


Figure 3. Concentration en chlorophylle a (mg m-3) estimée à partir de MODIS produits de données satellitaire sur la région ouest de la côte algérienne.

1.2. Présentation de l'espèce étudiée

On qualifie de « pélagiques » les poissons vivant dans la zone entre la surface et le fond des océans (appelée « zone pélagique » ou « colonne d'eau »), excluant ainsi les côtes et les fonds marins (zone démersale). Les poissons pélagiques, également appelés « poissons bleus », regroupent plusieurs centaines d'espèces, ayant des caractéristiques communes : une coloration bleue sombre sur le dos et argentée sur le ventre sensée les protéger des prédateurs, une forme allongée et un mode de vie souvent grégaire (en « bancs »).

Le groupe des petits pélagiques est constitué par l'ensemble des poissons de petite taille qui passent la plus grande partie sinon la quasi-totalité de leur phase adulte en surface ou en pleine eau. Ces espèces sont totalement libres à l'égard du fond et sont indépendantes de la nature du substrat (Laloë et Samba, 1990 ; Collignon, 1991).

Dans les eaux algériennes cohabitent plusieurs espèces de petits pélagiques. Celles qui présentent un intérêt commercial sont la sardine *Sardina pilchardus*, l'allache ou sardinelle ronde *Sardinella aurita*, la bogues *Boops boops*, la saourel *Trachurus trachurus*, Notre étude porte sur la sardine.

1.2.1. Position systématique

Règne : Eukaryota

Sous-Règne: Metazoa

Phylum : Chordata

Sous-Phylum : Craniata

Embranchement : Vertebrata

Super-Classe : Gnathostoma

Classe : Osteichthyes

Ordre: Clupeiforme

Genre: *Sardina*

Espèce : *pilchardus* (Walbaum, 1792)



1.2.2. Description

Corps élancé, de section ovale; une série de scutelles sur le profil ventral, mais ne formant pas de carène très aiguë. Mâchoires subégales; partie inférieure de l'opercule avec 3-5 stries rayonnantes très marquées; bord postérieur de la fente operculaire sans excroissances charnues; 44-106 (44-68 en Méditerranée) branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial. Origine de la nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps; anale très en arrière de la dorsale, les 2 derniers rayons nettement plus longs que les autres; pelviennes à 8 rayons, insérés sous la base de la dorsale. Coloration : dos vert ou olive; flancs dorés devenant blanc argenté sur le ventre; une série de taches sombres sur le haut des flancs, avec parfois une deuxième ou même une troisième rangée au-dessous.

Taille : Maximum: 25 cm; commune de 15 à 20 cm.

1.2.3. Habitat et biologie

Poisson pélagique côtier, jusqu'à 180 m de profondeur, surtout à 25-55 m le jour, 15-35 m la nuit. Vit en bancs parfois très importants et effectue de grandes migrations. Reproduction de septembre à juin en Méditerranée, de juin à août en mer Noire. Oeufs pélagiques. Maturité sexuelle à un an (10-20 cm). Fécondité 5 300 à 38 500 oeufs.

Se nourrit essentiellement de crustacés planctoniques et autres animaux planctoniques plus grands.

1.2.4. Engins de pêche:

Sennes coulissantes et de plage, filets lamparos, chaluts de fond et pélagiques, filets maillants, pélagiques et barrages.

Régulièrement présente sur les marchés, est commercialisée fraîche, réfrigérée, salée, fumée, marinée, en conserves et sous forme d'huile ou de farine de poisson; est aussi utilisée comme appât.

2. Echantillonnage

L'échantillonnage que nous avons effectué a été possible grâce aux prises mises à terre par la flottille de pêche commerciale.

2.1. Les prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés par mois, à partir du mois de février 2019 et ont été accomplis par des données prélevées à partir de l'an 2014 dans le cadre d'un projet de recherche (projet de doctorat). Les spécimens échantillonnés proviennent de toutes les régions du secteur ouest.

2502 individus ont été mesurés en grande partie au niveau de la zone visitée ou au laboratoire à l'état frais ou congelé. Une détermination poussée de chaque espèce (caractères morphologiques) s'est avérée nécessaire avant chaque manipulation. Le traitement des individus consistait à prendre des mensurations et à extraire les otolithes qui ont servi de base à l'étude sclérochronologique.

Durant toute cette période, la collecte de données et d'individus est effectuée au moment de la vente des captures entre 5 et 7 heures du matin.

2.2. Mensurations et pesées

Des mensurations sont effectuées sur 2502 individus à l'aide d'un ichthyomètre et d'un pied à coulisse, le poids total du poisson est relevé, celui du poisson éviscéré est déterminé après incision de la paroi de la cavité abdominale, l'ouverture se fait de l'anus jusqu'au niveau des nageoires pelviennes à proximité du museau.

2.3. Conservation et traitements au laboratoire

Les poissons sont traités à l'état frais pour les mensurations sinon congelés pour prélever les otolithes ultérieurement.

Pour l'estimation de la taille à la maturité sexuelle, les individus sont ouverts ventralement et après détermination du sexe. Enfin, dans le domaine de la croissance, une incision le long de la tête des poissons a permis de retirer la pièce principale des otolithes. Les "sagitta" droite et gauche sont extraites par section du neurocrâne et des capsules otiques. 230 otolithes ont été prélevés, ces pièces osseuses sont lavées et nettoyées à l'eau puis conservées par paires, à sec, dans des micro-tubes (eppendorfs) portant les diverses informations de chaque individu.

Chapitre II : Biologie

1. Age et croissance

A. Croissance linéaire

Le modèle mathématique de croissance individuelle élaboré par von Bertalanffy (1934) envisage la longueur corporelle en fonction de l'âge (Sparre et Venema, 1996).

L'étude de la croissance linéaire nécessite l'établissement d'une relation entre la taille, le poids et l'âge des poissons récoltés ; cette relation s'obtient par un modèle mathématique dont les paramètres nécessaires en dynamique des populations, sont déterminés par analyse de structures d'âge ou de taille.

Ce modèle est représenté par l'équation : $L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$

L_t : Longueur du poisson au temps t

K : Coefficient de croissance

L_∞ : Longueur asymptotique quand t tend vers l'infini (taille asymptotique du poisson)

t_0 : appelé «paramètre de condition initial», détermine le point du temps où le poisson a une longueur zéro. D'un point de vue biologique, cela n'a pas de sens, étant donné que la croissance commence à l'éclosion lorsque la larve a déjà une certaine longueur (Sparre et Venema, 1996).

1. Méthodes d'étude

Le besoin d'évaluation de l'âge individuel ressort de toute étude dynamique de populations de poissons. En effet, la connaissance de la clé taille-âge permet d'accéder aux paramètres de croissance qui seront inclus dans certains modèles analytiques de gestion des stocks.

L'analyse des structures d'âge tient compte d'une clé âge - longueur déterminée par méthode directe (étude sclérochronologique) ou indirecte alors que l'analyse des structures de taille permet la détermination des paramètres de croissance sans connaissance de l'âge.

Dans ce présent travail, l'âge est déterminé par otolithométrie, cela, nous n'a pas été aisée (difficulté de prélèvements, fragilité des pièces et surtout de lectures).



Figure 4: Représentation des différentes parties de l'otolithe droit de *S. pilchardus* .

A : antérieure, P : postérieure, V : ventrale et D : dorsale. d et D : distances entre le rostrum et l'anti-rostrum de l'otolithe .

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la lecture des otolithes, Dans cette étude nous avons travaillé sur les otolithes entiers, c'est la méthode la plus utilisée: l'otolithe entier est placé dans une loupe avec la face concave orientée vers le haut.

Il est parfois très difficile, voir impossible, d'observer des structures qui pourraient correspondre aux stries annuelles sur les otolithes.

1.2. Détermination des paramètres de croissance

Les paramètres de croissance linéaire de l'équation de Von Bertalanffy ont été réalisés à l'aide du package fishmethods (Nelson, 2014) sur le logiciel statistique R (R 3.1.2 LanguageEnvironment, 2013).

2. Résultats et discussions

2.1. Distribution de taille

Cette méthode est particulièrement utilisée dans le cas où il n'y a pas d'information sur l'âge caractérisant le stock des poissons étudiés.

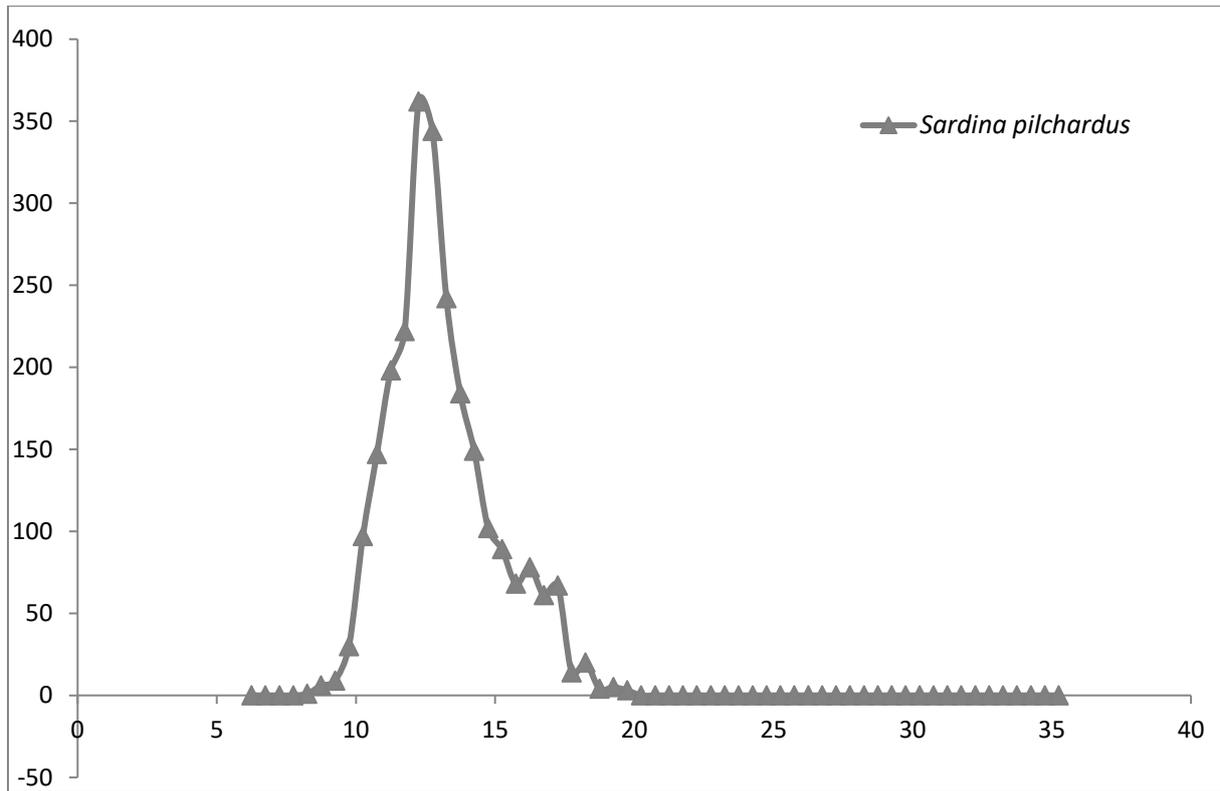


Figure. 5: Distribution de taille des espèces de la sardine capturée dans la région ouest du bassin algérien.

Sur l'ensemble de **2502** individus de *Sardina pilchardus* récoltés, les tailles extrêmes échantillonnées s'échelonnent de 8,5 à 20 cm. La valeur modale est égale à 12,25 cm

2.2. Clé âge-longueur

Sur l'ensemble de 170 paires d'otolithes récoltés, seuls 97 ont été lisibles, ce qui donne un taux de lisibilité de 57 %, la clé âge-longueur obtenue est donnée par le tableau 1, cette dernière montre que quatre groupes d'âge sont rencontrés chez l'ensemble des individus traités. Pour l'ensemble des poissons, les tailles extrêmes de *Sardina pilchardus*, sont

comprise entre 9,4 et 18,6 cm, les plus abondants sont qui correspondent à l'âge 1 est le plus présenté.

2.2.1. Otolithométrie (lecture directe)

Table 1. Clé âge longueur obtenu par la lecture directe des otolithes

| | Groupes d'âges | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|-----------------------|------------|-------|-------|-------|
| <i>Sardina pilchardus</i> | LT moyen (cm) | 12,62 | 14,08 | 16,69 | 17,69 |
| | Ecart-type | 1,24 | 1,27 | 1,66 | 0,75 |
| | Population | 215 | 87 | 15 | 16 |

2.3. Détermination des paramètres de croissance

Les paramètres de croissance linéaire de l'équation de Von Bertalanffy (Tab.2) ont été réalisés à l'aide du package fish methods (Nelson, 2014) sur le logiciel statistique R (R 3.1.2 Language Environment, 2013).

Tableau.2: Paramètres de croissance obtenus par R

| | Otolithométrie | | |
|--------------------------|--------------------------------|----------|-----------|
| | lecture directe | | |
| Espèces | L_{∞} | K | t0 |
| <i>Sardina pilchadus</i> | 31,2708 | 0,1118 | -3,5638 |

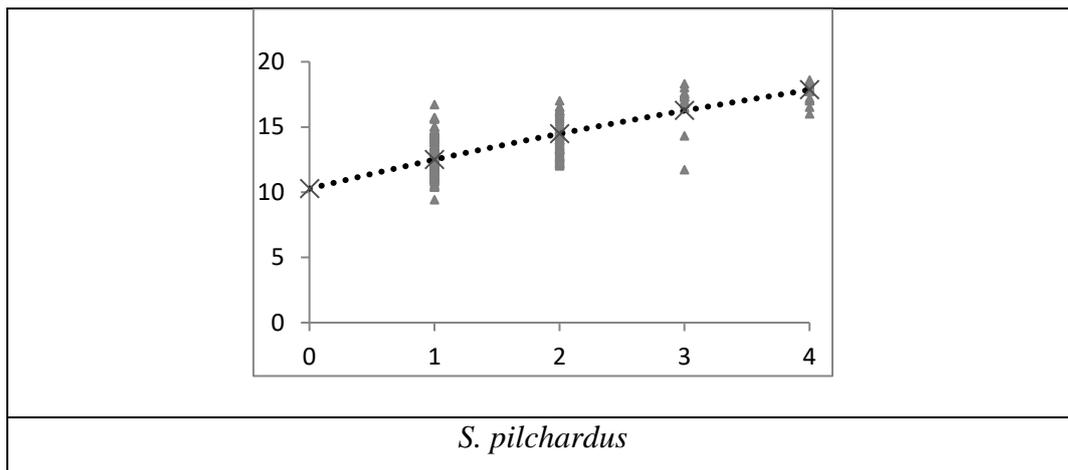


Figure.6: Données Age-LT individuelles obtenues par la lecture directe et les courbes d'ajustement (von Bertalanffy) de la croissance linéaire pour *S. pilchardus*.

B. Croissance relative

1. Méthodes d'étude

Chez un même individu, à partir de la relation taille-poids et de la croissance en longueur, il est possible d'estimer la croissance pondérale chez les poissons (*in* Harchouche, 2006) et d'établir certaines relations entre deux grandeurs mesurables du corps permettant de comparer leur croissance et de passer d'une dimension à une autre.

1.1. Relations biométriques

L'étude biométrique consiste à choisir la droite d'ajustement qui représente, le mieux possible, le nuage de point obtenu à partir des deux dimensions étudiées. Pour des mesures de même unité, le coefficient b de la relation : $y = bx + a$, détermine le type de la relation.

Si : $b = 1$: Isométrie $b > 1$: allométrie majorante $b < 1$: allométrie minorante. Selon Boufersaoui (2016), cette étude a pour but la conversion d'une dimension en une autre.

À partir des mensurations effectuées, nous avons utilisé un ajustement de type moindre carré pour le calcul de la droite de régression, de la relation longueur totale-longueur standard, ceci pour les deux sexes ainsi que les sexes confondus. Les variables mises en jeu sont:

- longueur totale – longueur standard (LT – Ls),
- longueur totale – longueur à la fourche (LT – Lf),
- longueur totale – longueur de la tête (LT – Lt),
- longueur totale – hauteur du corps (LT – Hc).

1.2. Relation taille-poids

La relation taille-poids du poisson est donnée par l'expression suivante : $WT = a LT^b$, où WT est le poids total, LT est la longueur totale, a est une constante fonction des unités utilisées et b représente le coefficient d'allométrie. Par une transformation logarithmique, l'équation linéarisée se présente sous la forme : $\ln WT = b \ln LT + \ln a$.

Suivant la valeur de b , trois cas se présentent :

- b égale à 3, la croissance est dite isométrique; les deux variables WT et LT ont le même taux de croissance, le poids croit alors comme la courbe de la taille du poisson,
- b est inférieur à 3, l'allométrie est minorante ; le poids croit relativement moins vite que la longueur.
- b est supérieur à 3, l'allométrie est majorante ; le poids croit plus vite que la taille de l'individu (*in* Harchouche, 2006).
- Le test t a été utilisé pour déterminer si la pente calculée était significativement différent de 3 en utilisant l'équation décrite par (Schwartz ,1992 in Bouaziz, 2007) :

$$|\varepsilon_{cal}| = P - P_0 / SP_0$$

$$S^2 P_0 = (S_y / S_x)^2 - P_0^2 / n - 2$$

Avec :

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

SP_0 = écart-type de la pente calculée ; n = nombre de couples de valeurs ; et

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

Si $|\varepsilon_{cal}| < 1.96$: la différence n'est pas significative

Si $|\varepsilon_{cal}| \geq 1.96$: la différence est significative.

1.3. Croissance pondérale

La combinaison de l'équation de croissance de Von Bertalanffy $L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$ avec la relation longueur-poids : $W_t = a L_t^b$ aboutit à l'équation de croissance pondérale de von Bertalanffy : $W_t = W_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})^b$ avec $W_\infty = a L_\infty^b$.

a et b sont les coefficients de la croissance relative entre le poids et la longueur.

WT , représente le poids total du poisson au temps t , K et t_0 sont respectivement le coefficient de croissance et l'âge auquel la taille est théoriquement.

2. Résultats

2.1. Relations biométriques

Le tableau 3 résume les équations reliant la longueur totale aux autres dimensions de l'individu.

Il est à constater que globalement, les relations calculées mettent en évidence, une très bonne dépendance entre les différentes variables mesurées.

Les valeurs des pentes sont inférieures à 1 ce qui implique une allométrie minorante, Il apparaît que la longueur totale (LT) croît plus rapidement que les autres parties du corps.

Tableau 3 : Equations des relations biométriques des petits pélagiques Sexes confondus.

| | | <i>S. pilchardus</i> |
|---------------|----------------|----------------------|
| LST–LT | <i>b</i> | 0,7867 |
| | <i>a</i> | 1,3623 |
| | R ² | 0,8646 |
| LF–LT | <i>b</i> | 0,9313 |
| | <i>a</i> | -1,1246 |
| | R ² | 0,9277 |
| Lt–LT | <i>b</i> | 0,1895 |
| | <i>a</i> | 0,2309 |
| | R ² | 0,8443 |
| HC–LT | <i>b</i> | 0,1685 |
| | <i>a</i> | 0,0475 |
| | R ² | 0,7022 |

2.2. Relation taille-poids

Dans les calculs, nous avons retenu le poids éviscéré (WE) pour éliminer les variations dues à l'état des contenus stomacaux et au degré d'évolution pondérale des gonades.

Les relations établies pour l'ensemble des individus de *Sardina pilchardus* sont au tableau 4 :

Tableau 4. Relation d'allométrie entre le poids éviscéré et la longueur totale de *Sardina pilchardus* de la région ouest de l'Algérie.

| Espèces | Relation puissance | | | Relation linéaire | | | |
|---------------------------|--------------------|--------|----------------|-------------------|-------|----------------|---------------------------|
| | b | a | R ² | a | b | R ² | t cal.($\alpha = 5\%$) |
| <i>Sardina pilchardus</i> | 3,1332 | 0,0047 | 0,9126 | -40,584 | 4,336 | 0,6793 | 0.372 |

Le test t basé sur la comparaison de deux pentes, fournit des valeurs inférieures à 1.96 pour $\alpha = 5\%$ (tableau 4). Ceci permet de conclure que quelque soit l'espèce, la croissance en poids peut être considérée comme isométrique.

2.3. Croissance pondérale

La figure 7 représente les courbes de croissance pondérales théoriques résultant de La combinaison de l'équation de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) avec la relation taille - poids.

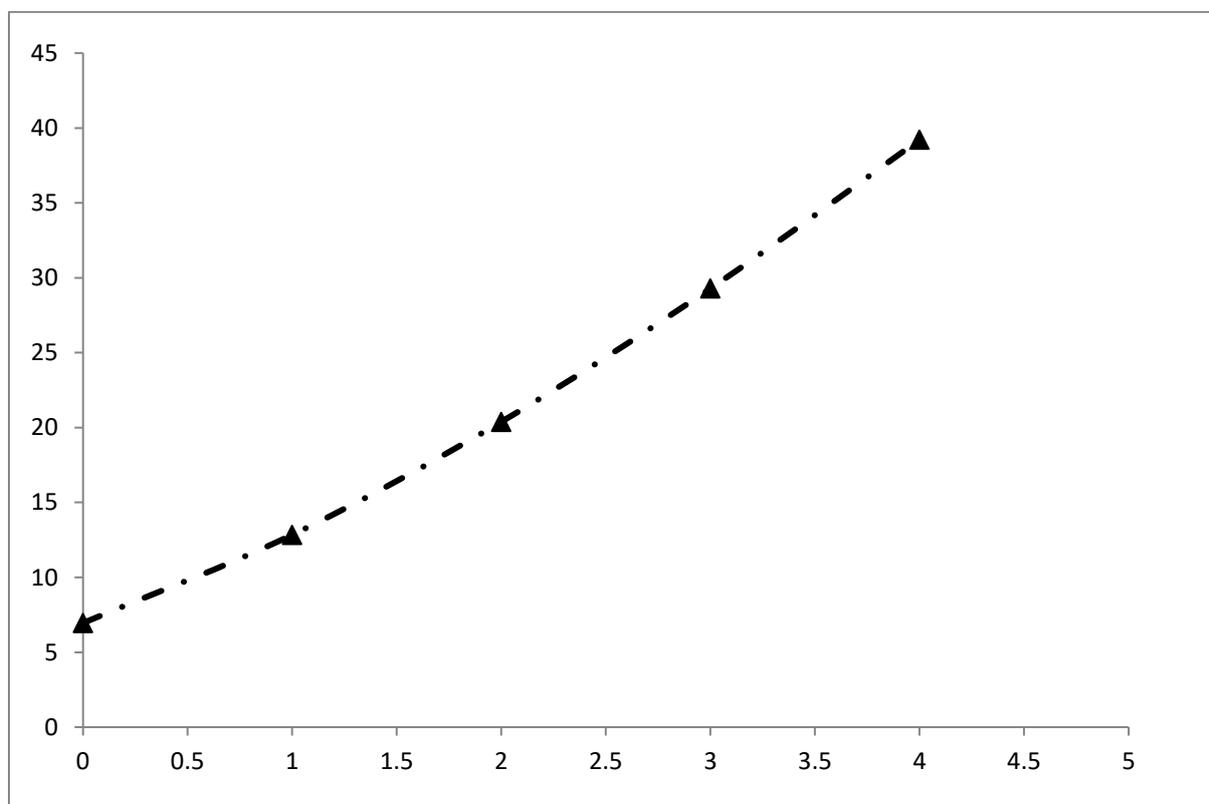


Figure.7: Courbes de croissance pondérale (modèle de Von Bertalanffy)

3. Discussion

La lecture de l'âge à partir des otolithes n'a pas été facile; en effet, il a été délicat d'attribuer un âge précis, les anneaux de ralentissement de croissance sont difficilement discernables et peuvent être confondus avec les "faux anneaux" (ponte, migration ou autres), surtout chez les individus âgés.

La validation des âges absolus est encore préoccupante et la qualité des données sur l'âge est certainement plus faible dans les zones où l'interprétation des otolithes est plus difficile, comme au large de l'Iberia méridionale, de la Mauritanie et des eaux méditerranéennes.

Pour *S. pilchardus*, la distribution de taille oscille entre 8,5 à 20,5 cm et son âge est entre 1 et 4 ans. Comme le confirme Tsikliras&Koutrakis (2013), la sardine atteint rarement des longueurs de 16-17 cm et des âges de 4-5 ans en raison de la surpêche.

Il y a de soit que des similitudes et des divergences au niveau des paramètres de croissance ont été mises en évidence selon la variation géographique.

L'approche de croissance décrite par le modèle de von Bertalanffy: a mis en évidence une petite variance entre les valeurs, rapportées par d'autres auteurs et les estimations actuelles (tableau 6). La longueur asymptotique estimée pour *S. pilchardus* dans cette étude est comprise entre les valeurs estimées dans les régions de la côte algérienne occidentale (Beni Saf et Oran) mais elle est relativement inférieure à celle de Brahmi *et al.* (1998) et Bedairia&Djebar (2009).

Comme l'indique Lamrini (1988), l'équation de von Bertalanffy est très sensible au nombre de groupes d'âge utilisés pour son calcul. Les plus grands et les plus jeunes sont généralement mal représentés dans les échantillons, ce qui peut affecter l'ajustement. L'absence de jeunes poissons maximise les valeurs de K (Daget 1976).

Le choix des paramètres de croissance appropriés pour le développement de l'évaluation est important (Anonymous, 2012b). Cependant, il est très difficile de faire une comparaison entre nos résultats et ceux obtenus par d'autres auteurs en Méditerranée (tableau 5), car l'approche utilisée pour la détermination de l'âge (scalimétrie, otolithométrie et méthodes indirectes) diffère d'un auteur à l'autre. De plus, les facteurs biotiques (Khemiriet *al.*, 2005) et les effets environnementaux (Kooijman, 2010 & Pecquerie, 2009) peuvent influencer sur la variabilité des paramètres de croissance.

Dans l'ensemble, lorsqu'on compare les résultats actuels à la littérature scientifique (tableaux 5 et 6), on constate clairement que la divergence est probablement due à la qualité de l'échantillonnage, aux méthodes utilisées, aux sexes et aux fluctuations des paramètres physico-chimiques du milieu.

Tableau.5: Valeurs biogéographiques des paramètres de croissance de *S. pilchardus*

| | L_{∞} [cm] | K [yr ⁻¹] | t_0 | Région | Auteurs |
|----------------------|-------------------|-----------------------|--------------|------------------------|--|
| <i>S. pilchardus</i> | 20.3 | 0.26 | | Alger | Mouhoub (1986) |
| | 22.6 | 0.26 | | Alger | Brahmi <i>et al</i> (1998) |
| | 18.9 | 0.46 | | Alger | Brahmi <i>et al</i> (1999) |
| | 16.1 | 0.71 | | Algérie | Binohlan, Crispina B (2015) FishBase (Froese and Pauly 2014) |
| | 22.56 | 0.31 | | Annaba | Bedairia&Djebar(2009) |
| | 17.6 | 0.26 | | Beni saf | Binohlan, Crispina B (2013) FishBase (Froese and Pauly 2014) |
| | 18.3 | 0.38 | | Oran | Binohlan, Crispina B (2013) FishBase (Froese and Pauly 2014) |
| | 25.12 | 0.45 | | Alger | Bouazizel <i>al</i> (2014) |
| | 31.27 | 0.11 | -3.56 | Algérie (ouest) | la présente étude |

Table.6 Valeurs biogéographiques de la relation taille poids pour *S. pilchardus*

| | a | b | sexe | Auteurs | région |
|----------------------|---------------|---------------|------------------------|---|------------------------|
| | 0.007 | 3 | femelle | Binohlan, Crispina B 1993, FishBase (Froese and Pauly 2014) | Algérie (Alger) |
| | 0.00800 | 3 | male | Binohlan, Crispina B 1993, FishBase (Froese and Pauly 2014) | Algérie (Alger) |
| <i>S. pilchardus</i> | 0.00357 | 3.266 | sexes confondus | Reyes, Rodolfo B 2011, FishBase (Froese and Pauly 2014) | Maroc |
| | 0.00600 | 3 | sexes confondus | Binohlan, Crispina B 1993, FishBase (Froese and Pauly 2014) | Espagne |
| | 0.0047 | 3.1332 | sexes confondus | le présent travail | présent travail |

Chapitre III : Exploitation

Ces dernières années, le débat sur la rareté et l'effondrement d'un grand nombre de stocks de petits pélagiques à travers le monde s'est intensifié. Fréon *et al.* (2005) citent de nombreux exemples de l'effondrement de ces pêcheries au cours de la seconde moitié du 20^e siècle, parmi lesquels l'anchois européen *Engraulis encrasicolus*, la sardine de Benguela *Sardinops sagax* et la sardine japonaise *Sardinops melanostictus* (Checkley *et al.* 2009). La question controversée est souvent de savoir si l'effondrement est dû à la surexploitation ou simplement à des fluctuations naturelles de la taille du stock.

Dans notre zone d'étude au large de la côte algérienne, le navire océanographique "Visconde de Eza" a procédé à une évaluation des stocks en 2003. Sur la base des résultats, le secteur de la pêche a conclu que les stocks étaient sous-exploités et que, par conséquent, l'effort de pêche était accru. Les captures pourraient passer de 130 000 à 220 000 tonnes. Cependant, les captures de la plupart des espèces ont diminué plutôt qu'augmenté, en particulier pour les stocks de petits pélagiques. Des travaux plus récents indiquent que la plupart des stocks au large des côtes algériennes sont surexploités. Neddjar (2013) a montré que le stock de la sardine *Sardina pilchardus* est en péril depuis 2006. Mouzaï et Tifoura (2012) et Boufersaoui (2012) ont signalé que les stocks de bogue *Boopsboops*, *Pagellus acarne* et *Pagellus erythrinus* ont tendance à être surexploités. Il en va de même pour les stocks de *Trachurus trachurus* et de *Trachurus mediterraneus* (Boughrib et Limane 2012).

Cette étude vise à mieux comprendre l'état des stocks de *Sardina pilchardus* dans la partie occidentale de la région côtière algérienne. Le pilchard européen est un petit poisson pélagique appartenant à la famille des Clupéidés. Il abonde principalement dans les régions productives (Checkley *et al.* 2009). Il a une large répartition géographique et peut être trouvé dans la plupart des zones côtières de l'est de l'Atlantique Nord, de l'Islande à la mer du Nord en passant par la mer du Nord jusqu'à la baie de Gorée, au Sénégal (Whitehead, 1985). Il a étendu sa limite sud d'environ 15 ° au cours de la dernière décennie. Il se produit également en Méditerranée, où il est commun dans la partie occidentale et dans l'Adriatique. Il est rare dans la partie orientale, dans la mer de Marmara et dans la mer Noire.

Les stocks européens de vergers situés au large des côtes atlantiques du nord-ouest de l'Afrique font partie des rares stocks considérés comme non pleinement exploités. Cependant, comme ils fluctuent considérablement en fonction de facteurs environnementaux, la FAO recommande que ces stocks fassent l'objet d'une surveillance étroite et que leurs captures

soient limitées (FAO 2017a). Cependant, la plupart des stocks situés au large des côtes européennes de l'Europe sont surexploités et en diminution constante, et le CIEM recommande de limiter les captures, par exemple, pour le golfe de Gascogne, ou, comme c'est le cas pour la mer Cantabrique et les eaux ibériques de l'Atlantique, doit être égal à zéro (ICES 2017abc). Des conseils similaires sont donnés pour les stocks méditerranéens par la FAO (FAO 2017b). La plupart des stocks pour lesquels des informations suffisantes sont disponibles (par exemple la mer d'Alboran, le nord de l'Espagne, le golfe du Lion, le sud de la Sicile, la mer Adriatique, la mer Égée) sont soit déséquilibrés, soit en surexploitation ou exploités, et la FAO recommande dans tous les cas de réduire la pression de la pêche. (FAO 2017b).

Nous avons collecté des données permettant d'estimer les paramètres caractéristiques de chaque population, notamment la répartition par âge, les paramètres de croissance, la mortalité naturelle, la mortalité totale et la mortalité par pêche. Par la suite, les modèles de prévision du rendement relatif par recrue de Beverton et Holt et la méthode de Thompson et Bell ont été appliqués pour explorer la relation entre l'effort de pêche et le rendement. Notre analyse peut être utilisée pour élaborer un plan de gestion garantissant une utilisation durable des stocks de poisson algériens.

1- Méthodes d'étude

1.1. Détermination des paramètres d'exploitation

1.1.2. Mortalités

1.1.2.1. La mortalité totale (Z)

Z est défini comme le coefficient instantané de mortalité totale, avant d'estimer séparément la mortalité par pêche et la mortalité naturelle, il est commode d'évaluer la mortalité totale (Gulland, 1969). A l'aide des méthodes de courbe de capture linéarisées basées sur les données de composition en longueurs (Sparre et Venema, 1998). La méthode de Jones et van Zaling (Sparre et Venema, 1998, par. 4.4.6) a été réalisée à l'aide du package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) du code source ouvert du logiciel de statistique R (R 3.1.2 Language Environment 2013).

1.1.2.2. La mortalité naturelle (M)

Une estimation du coefficient de mortalité naturelle, bien que l'un des paramètres les plus difficiles à estimer (Bouaziz *et al.* 2014). Ce coefficient exprime la mortalité due à toute cause autre que la pêche (prédation, maladies ou vieillissement).

L'estimation de ce paramètre est nécessaire pour mettre en œuvre la plupart des modèles de gestion des stocks (Pauly, 1984). Nous avons utilisé l'équation de Djabaliet *al.* (1994):

$$\log_{10} M = 0,0278 - 0,1172 \log_{10} L^{\infty} + 0,5092 \log_{10} K.$$

1.1.2.3. La mortalité par pêche (F)

Connaissant M et Z, le taux de mortalité par pêche peut être déduit de la relation : $Z=M+F$.

1.1.2. Le taux d'exploitation (E)

Le taux d'exploitation (E) est défini par Pauly (1985) comme étant la quantité :

$$E = F / (F + M) = F / Z$$

Ce taux permet à lui seul d'estimer (grossièrement) si un stock est surexploité ou non, à partir de l'hypothèse que la valeur optimale de E (E_{opt}) est voisine de 0,5; cette hypothèse, $E \approx 0,5 =$ taux d'exploitation optimal, repose elle-même sur une autre hypothèse, à savoir que la prise équilibrée potentielle est optimisée quand $F \approx M$ (Gulland 1971, in Pauly, 1985).

1.1.3. Recrutement et sélection

Les poissons de tailles ou d'âges divers ne subissent pas tous la même mortalité par pêche: les petits peuvent s'échapper à travers les mailles d'un filet, ou ne pas se trouver dans la principale zone exploitée. Il est utile de distinguer l'élément provenant uniquement du comportement (au sens le plus large) des animaux mêmes - recrutement - et celui qui est dû à la sélectivité de l'engin de pêche (Gulland, 1969). Le recrutement est le processus par lequel un groupe d'âge arrive pour la première fois dans une pêcherie. La sélection est le phénomène d'entrée progressive du poisson dans les captures (Bougis, 1976).

1.1.3.1. La taille de recrutement (L_r)

D'après Sparre et Venema (1996), le recrutement est le déplacement des poissons des zones d'alevinage ou de frais vers les lieux de pêches.

Selon Bougis (1976), le recrutement ne s'opère pas en bloc : les poissons n'arrivent pas simultanément à un âge fixe sur la pêcherie ; le phénomène revêt l'allure d'une courbe sigmoïde du pourcentage des effectifs cumulés en fonction des centres de classe, avec un intervalle constant. La taille moyenne de recrutement L_r est limitée par deux bornes (L_1 et L_2), au-dessous de L_1 aucun poisson n'est recruté, au-dessus de L_2 tous les poissons sont recrutés et entre L_1 - L_2 , le pourcentage de poissons recrutés est égal à l'ordonnée de la courbe. L'âge moyen de recrutement (t_r) est déduit de nos résultats sur la croissance à partir de l'équation de von Bertalanffy (1934, in. Sparre et Venema, 1996).

1.1.3.2. La taille de sélection (L_c)

L'ogive de sélection d'engin a été estimée à partir d'une courbe de capture linéarisée basée sur des données de composition en longueurs (Sparre et Venema 1998, par. 6.5).

1.2. Analyse des populations virtuelles

La VPA (Virtual Population Analysis) est une méthode faisant appel aux populations capturées. Elle consiste à analyser ce que l'on peut observer, la capture, de manière à estimer la population qui devrait se trouver en mer pour produire cette capture. L'effort de pêche (F) par classe de taille ou d'âge est inconnu et doit être déterminé et obtenu, en procédant à des itérations, ou par l'emploi de tables appropriées.

La méthode de Jones (1983) est basée sur la longueur et ne nécessite que les paramètres L_{∞} , K et M ainsi que les paramètres "a" et "b" de la relation taille-poids, contrairement aux autres méthodes qui, elles, requièrent beaucoup plus de paramètres.

La procédure de calcul de l'analyse des cohortes sont expliquées par Sparre et Venema(1996). L'exécution de la méthode a été effectuée à l'aide du package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) du logiciel R. Cependant, il est à souligner qu'une transformation des effectifs échantillonnés en captures pour les ramener vers la production annuelle était nécessaire. Les valeurs de la production moyenne par espèce, données du ministère de la pêche et les ressources halieutiques (MPRH, 2018).

L'analyse de cohorte de longueur (Jones, 1981) a été appliquée à l'aide de différents terminaux F, mais le taux d'exploitation considéré (F/Z terminal) est égal à 0.5.

1.3. Modèles prédictifs

Le modèle de rendement relatif de Beverton-Holt et la méthode de Thompson et Bell basées sur la longueur maximale a été utilisée pour estimer l'effort maximal soutenable (Sparre et Venema, 1998), et de simuler l'effet d'une modification de l'effort de pêche sur le profit économique.

Le package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) a été utilisé pour l'application des deux modèles.

1.3.1. Le modèle de Beverton-Holt (Production par recrue à partir de données de longueur)

Le modèle de Beverton et Holt (1957) nous renseigne sur les modifications du rendement pondéral par recrue pour une mortalité naturelle M déterminée, en fonction de la mortalité due à la pêche F et de la taille à la première capture L_c (Daget, 1976).

Le recrutement et le rendement correspondent respectivement au nombre initial d'individus de la première classe, et le poids total de la capture. Ainsi, le rendement par recrue peut être obtenu en divisant la capture totale par le nombre de recrues calculées par la VPA.

Le modèle transformé en longueur est défini par l'équation suivante

$$Y/R = F * A * W_{\infty} * \left[\frac{1}{Z} - \frac{3U}{Z+1} + \frac{3U^2}{Z+K} - \frac{U^3}{Z+K} \right] \text{ avec}$$

$$A = \left[\frac{L_\infty - L_c}{L_\infty - L_r} \right] M/K \text{ et } U = 1 - L_c/L_\infty$$

1.3.2. Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934)

Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934) est conçu pour l'évaluation des stocks de poissons à partir des captures en nombre par âge ou par classe de taille.

Le groupe d'équations suivantes résume sous une forme générale les données d'entrée et de sortie et les formules correspondant au modèle de Thompson et Bell fondé sur la longueur, y compris X (facteur de F) ; l'indice i renvoie à l'intervalle de longueur (L_i, L_{i+1}) ; l'indice L_i renvoie à la limite inférieure de cet intervalle de longueur, L_{i+1} renvoyant à la limite supérieure.

Intervalle de longueur : $i = (L_i, L_{i+1})$

Afin d'appliquer le modèle, on aura besoin de :

- classes de taille, et centres de classes.
- nombre de poissons dans la plus petite classe de taille (déterminées à partir de la population virtuelle).
- les mortalités par pêche (F par classe de taille) (déterminées à partir de la population virtuelle)
- le facteur HL obtenue à partir de la population virtuelle
- données supplémentaires :
 - ❖ poids des poissons par classe de taille (W_m).
 - ❖ valeur marchande (V_t) qui est le prix en Kg/classe de taille.

A partir de ces données on pourra déterminer :

- Le nombre de survivants par classe de longueur:

$$N(L_{i+1}) = N(L_i) * [1 / HL_i - (X * F_i / Z_i)] / [(HL_i - (X * F_i) / Z_i)]$$

Avec: $HL_i = [(L_\infty - L_i) / (L_\infty - L_{i+1})]^{M/2K}$

- L'effectif des capturés au cours de chaque période: $C_i = [N(L_i) - N(L_{i+1})] * X * (F_i / Z_i)$
- Le poids moyen de la classe i : $W_{i m} = q * [(L_i + L_{i+1}) / 2]^b$
- La production : $Y_i = C_i * W_i$
- La valeur de la production $V_i = Y_i * V_i$
- Le nombre moyen des survivants de la classe i : $N_{i m} * \Delta t_i = [N(L_i) - N(L_{i+1})] / Z$
- La biomasse moyenne de la classe correspondante : $B_{i m} = N_{i m} * \Delta t_i * W_{i m}$

- La production annuelle est la somme de la production de l'ensemble des classes de longueur.

On peut obtenir des nouvelles valeurs de F en le multipliant par un facteur (x), alors des nouvelles valeurs du coefficient de mortalité totale Zi

$$Z_i = M + X * F_i$$

Il est à noter que les calculs sont réalisés à partir de la plus petite classe et poursuivis jusqu'à la dernière classe. Et que Le nombre des survivants de la classe la plus jeune considéré pour l'application de ce modèle est un nombre calibré, estimé par la VPA comme on l'a mentionné auparavant.

Le résultat final concerne une valeur de X (facteur de F). On répétera les calculs pour différentes valeurs de X afin d'obtenir les valeurs correspondantes de la production totale, la biomasse totale et de la valeur totale.

2. Résultats

2.1. Mortalités

2.1.1. Mortalités et taux d'exploitation

La mortalité totale Z a été estimée à l'aide du package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) du logiciel R. Les courbes de captures obtenues pour chaque espèce sont représentées par les figures 8.

Les valeurs du coefficient de mortalité totale (Z), ainsi que celle de la mortalité naturelle (M) sont consignées dans le tableau 7. Néanmoins, Il convient de signaler que la mortalité naturelle est considérée comme constante avec l'âge.

Tableau 7 : Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de Jones and van Zaling.

| Espèce | Z (an^{-1}) | M (an^{-1}) | F (an^{-1}) | E |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| <i>S. pilchardus</i> | 0.87 | 0.329 | 0.541 | 0.622 |

La valeur relative au taux d'exploitation est supérieure à 0.5.

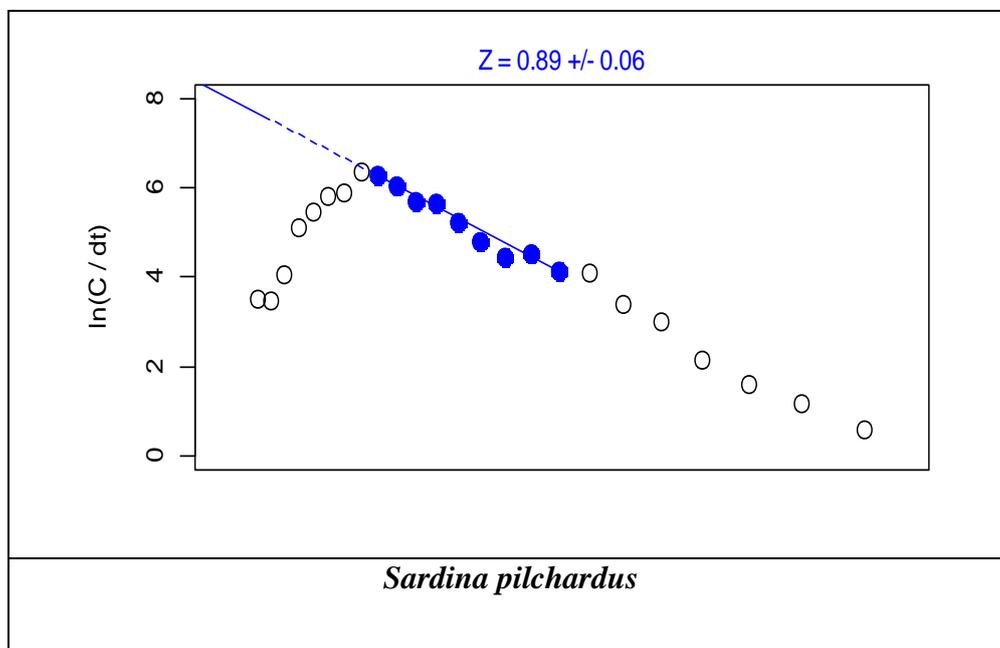


Figure 8 : Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de Jones and van Zaling pour la sardine de la région ouest algérienne.

2.1.2. Tailles de recrutement et de sélection

La figure 9 représente les probabilités de captures (P) en fonction des âges théoriques ou conventionnels (t_i') et de la relation $\ln(\%ni) = a t_i' + b$, ce qui permet l'estimation de L25, L50 et L75. La taille de sélection L50 (cm) est obtenue à partir de l'âge de sélection t_{50} (âge auquel l'efficacité de sélection nette est de 50%), ce dernier correspond à l'abscisse au point d'ordonnée 50%. La tailles moyenne de première capture (L50) déterminée pour et la taille de recrutement sont représentées dans le tableau suivant

| Espèces | L50 ou LC (cm) | Lr (cm) |
|----------------------|----------------|---------|
| <i>S. pilchardus</i> | 10,91 | 8 |

Une remarque s'impose quant à l'estimation des tailles de recrutement pour cette espèce; en effet, il est à signaler qu'il ne nous a été pas possible de déterminer ce paramètre en raison de manque de données sur le recrutement de l'espèce étudiée dans notre région. La valeur considérée correspond à la plus petite taille échantillonnée.

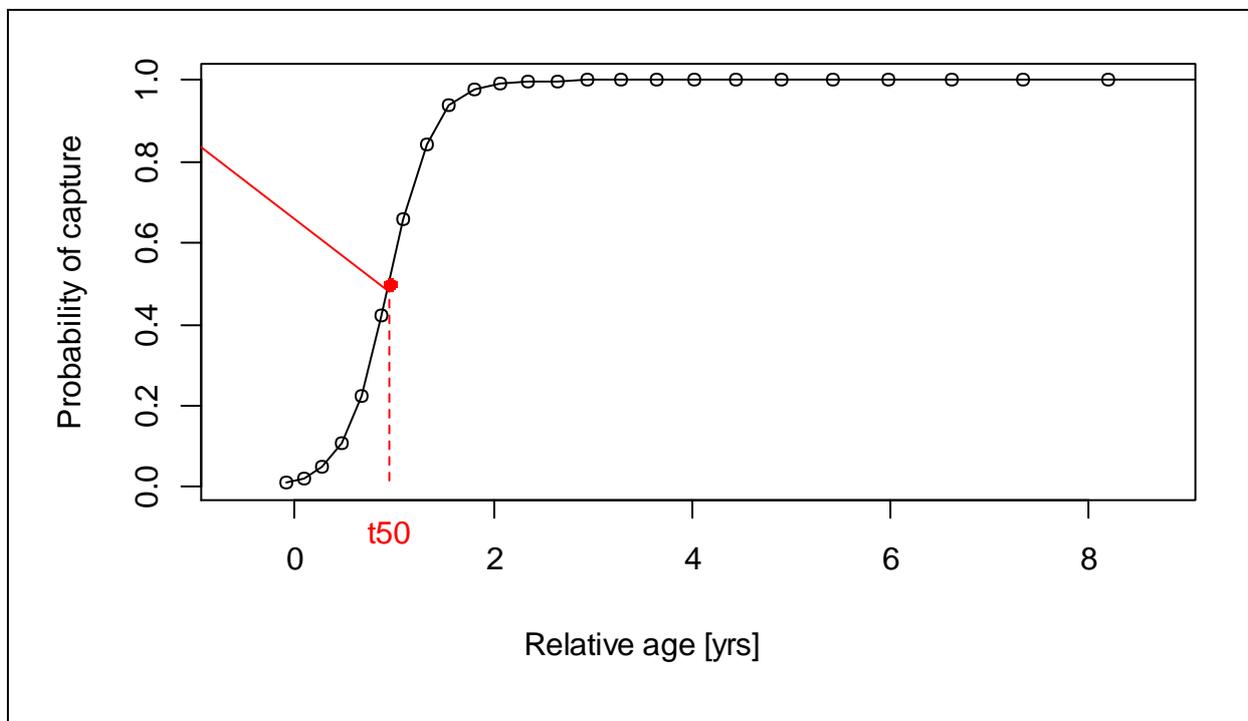


Figure 9- estimation de L₅₀ pour *Sardina pilchardus*.

2.2. Analyse des populations virtuelles

Les valeurs des paramètres utilisés pour l'application de l'analyse des cohortes de Jones (1983) fondée sur la longueur, sont regroupées dans le tableau 8.

Les résultats de l'analyse des cohortes fondée sur la longueur, sont illustrés par la figure 10.

Tableau 8 : captures moyennes annuelles (2014-2017) et paramètres d'entrée utilisés pour l'analyse des populations virtuelles

| Espèces | Captures (Tonnes) | Indices de croissance | | | | | Mortalité |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|--------|---------|--------|--------|------------|
| | | L_{∞} | K | t0 | a | b | F terminal |
| <i>Sardina pilchardus</i> | 16852.754 | 22.3612 | 0.2037 | -2.3400 | 3.0238 | 0.0067 | 0.5 |

L'analyse des résultats de la VPA fait apparaître les observations suivantes:

- les plus importantes captures sont concentrées à des tailles supérieures à 12cm ;
- le maximum de rendement correspond à la classe [9-9.5[*S. pilchardus*;

L'évolution de l'effort de pêche renseigne sur les classes de taille les plus atteintes par la pêche : si les classes jeunes sont ciblées, les adultes (stock reproducteur) ne subissent pas une trop forte pression de pêche. Cette situation traduit une situation optimale d'exploitation : il faut maintenir l'effort de la situation présente ; une augmentation de cet effort ne présenterait aucun d'intérêt.

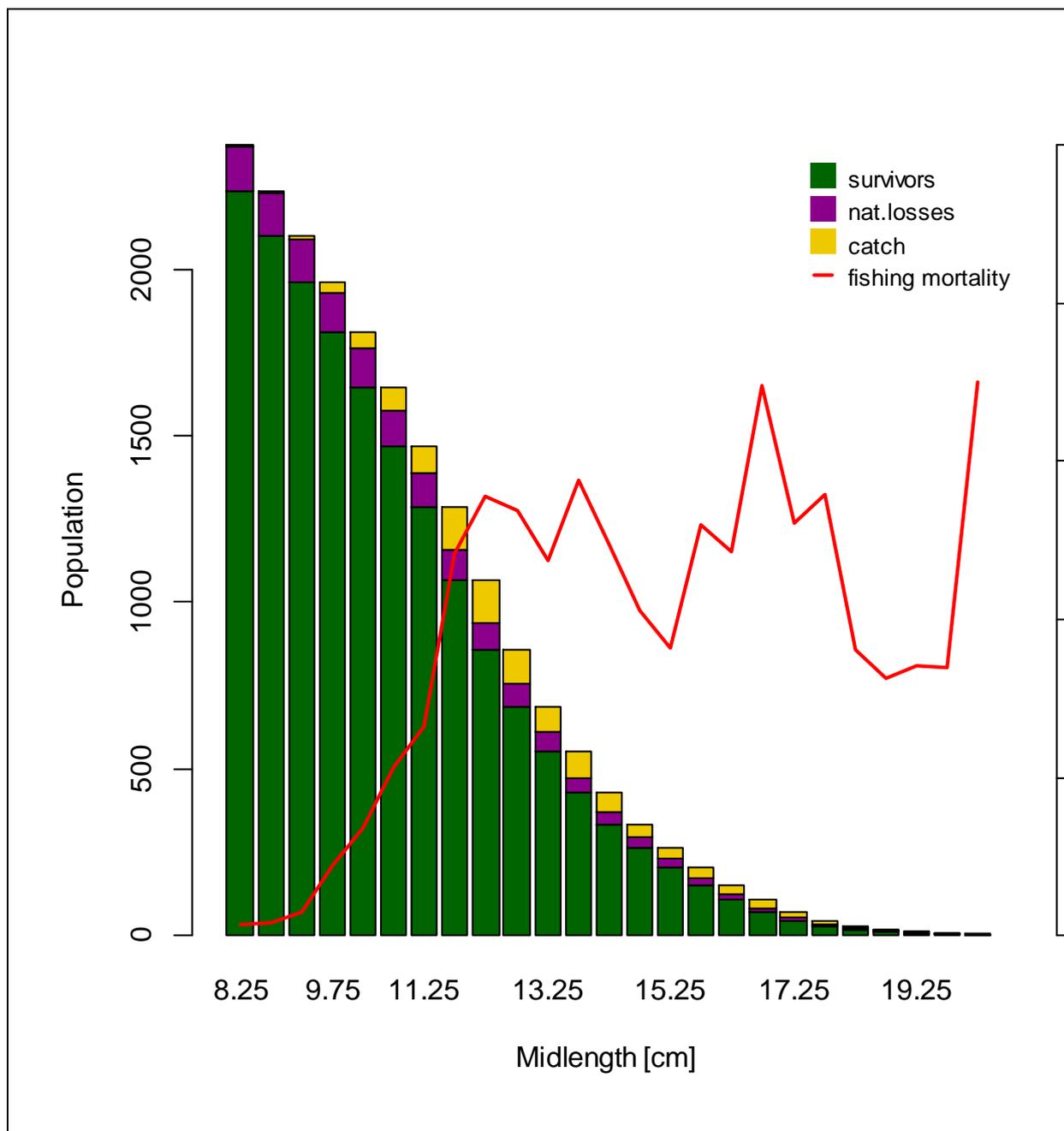


Figure 10 – VPA appliquée sur *Sardina pilchardus*

2.3. Modèles prédictifs

2.3.1. Le modèle de Beverton-Holt (Production par recrue à partir de données de longueur).

L'application de méthode du rendement par recrue de Beverton nous informe sur les faits suivants ;

- Le niveau actuel de l'effort de pêche (F autour de 0,5-0,6 an⁻¹) dépasse le niveau donnant le rendement maximal durable pour *Sardina pilchardus*, indiquant ainsi que le stock est surexploité.

- A une taille de capture constante, la production augmente lorsque l'effort de pêche croit jusqu'à un seuil (MSY) puis elle tend à chuter.

-Le rendement relatif maximum (Y'/R) est de 0 .045 g pour un effort de 0.9

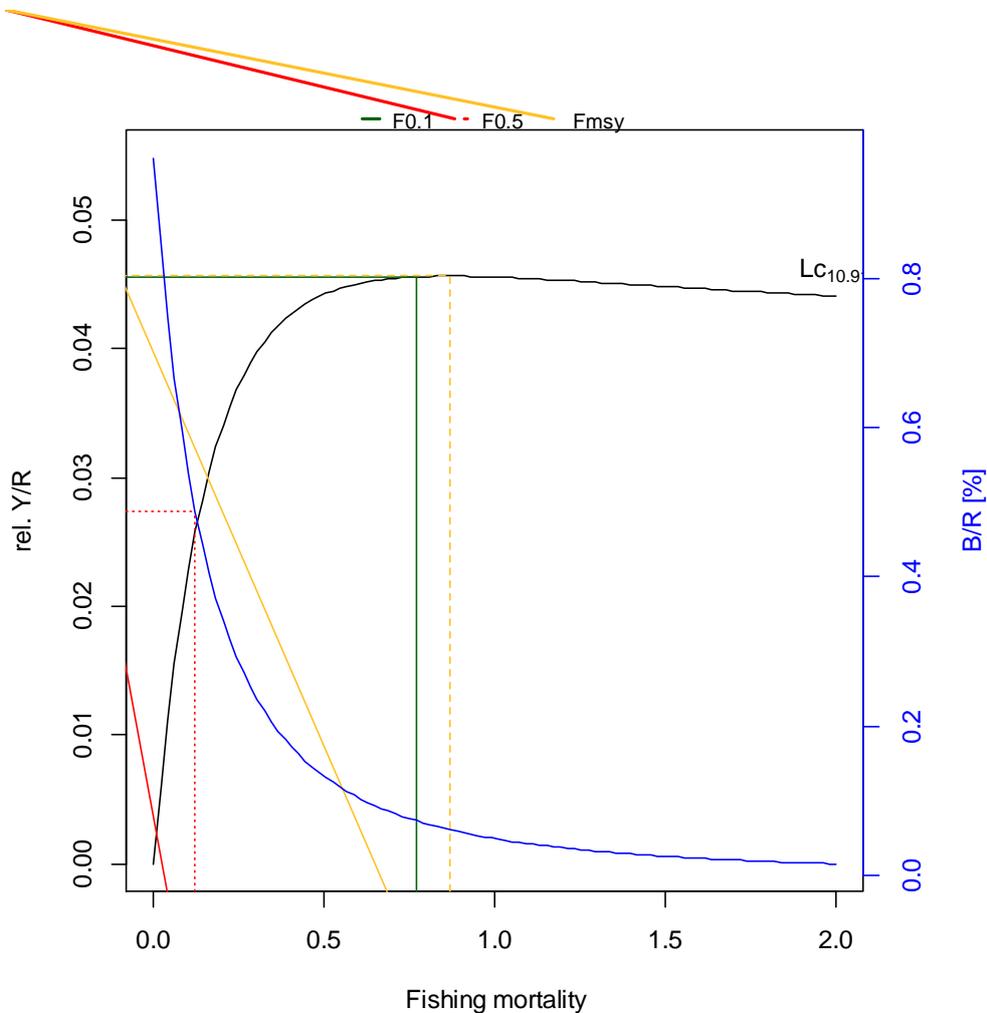


Figure 11- Le modèle de Beverton-Holt à partir de données de longueur de la sardine.

2.3.2. Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934)

Les résultats de l'analyse de Thompson et Bell, fondée sur la longueur, appliquée aux stocks des petits pélagiques sont représentés par la figure 12.

Les résultats montrent également que le niveau présent de l'effort de pêche est égal à celui qui correspond au MSY. Ceci indique que l'exploitation de ce stock est à son niveau optimum.

La production maximale économique équilibrée (MSE) est obtenue à des facteurs de F inférieurs à ceux correspondant à MSY, ceci montre que le niveau présent de l'effort de pêche est supérieur au F_{MSE} .

Le modèle préconise une diminution de l'effort pour un meilleur rendement économique : selon Hemida (2005) il est préférable de tenir compte de la prédiction du modèle, en se basant sur la MSY, et non pas sur la MSE, car plus prudente.

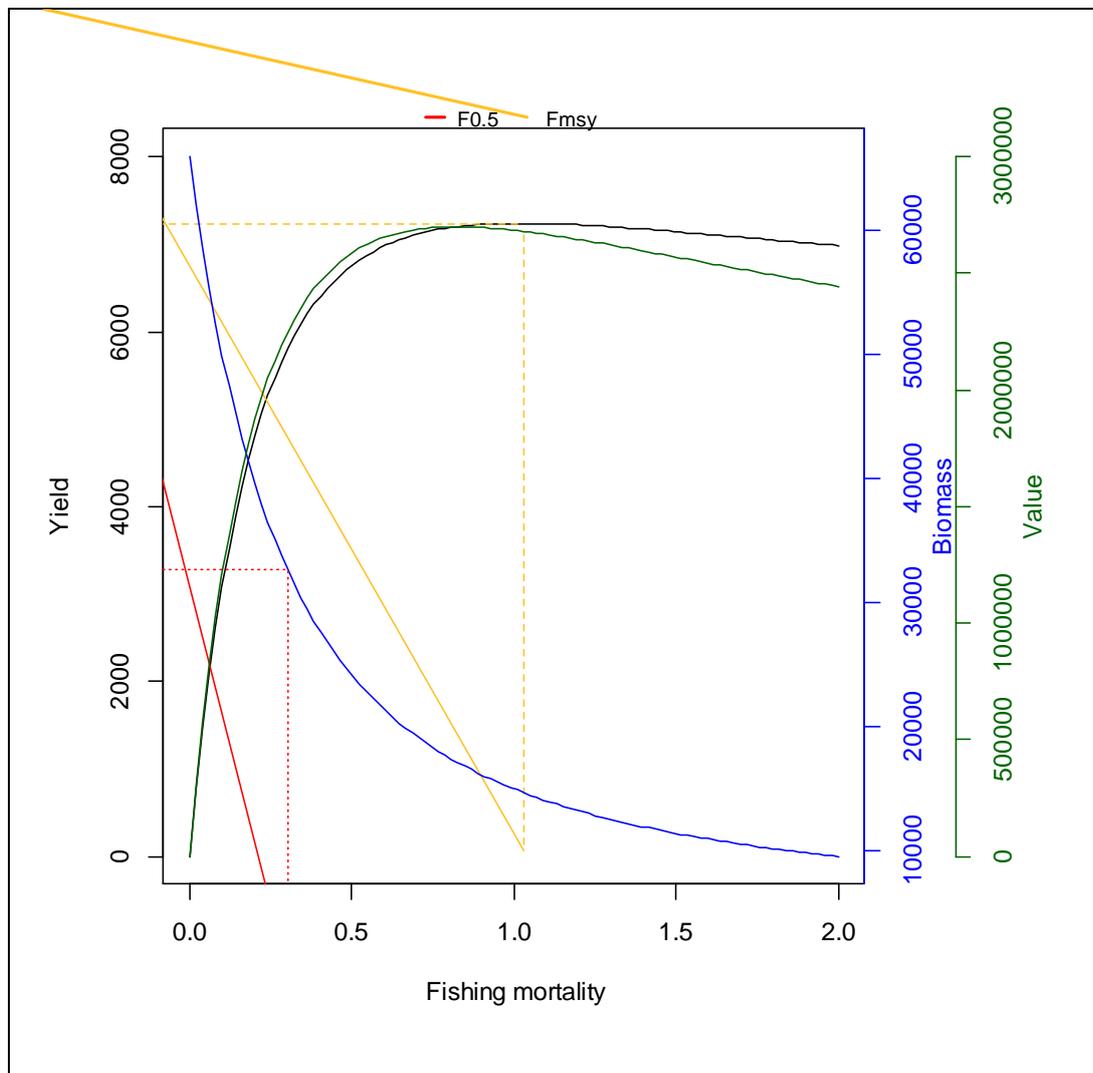


Figure 12- analyse de Thompson et Bell, fondée sur la longueur

3. Discussion

Dans la présente partie, l'étude de la dynamique des populations des stocks de petits pélagiques a été effectuée afin d'expliquer le déclin des captures enregistrées la dernière décennie pour ensuite assurer une meilleure gestion des pêcheries.

La valeur de la mortalité par pêche (F_{max}), qui maximise le rendement par recrue, est généralement très élevée. Notre étude montre clairement que le stock est pleinement exploité. Une augmentation de l'effort ne donnerait pas un rendement significativement supérieur (Fig. 11). Bien que l'analyse du rendement par recrue ne fournisse pas des signes évidents de surpêche, la baisse des captures survenue pendant la période d'observation est un signal d'avertissement. L'effort de pêche n'ayant augmenté qu'au cours de cette période (le nombre de chalutiers sont passés de 403 en 2005 à 542 en 2014 et le nombre de senneurs a augmenté de 836 à 1255 au cours de la même période), les stocks doivent avoir diminué, ce qui peut avoir été le résultat de recrutement réduit en raison de faibles stocks ou de conditions environnementales défavorables.

Notons que nos analyses ne portaient que sur la surpêche de croissance et non sur la surpêche de recrutement.

La mortalité par pêche estimée autour de 0,5 à 0,6 année⁻¹ est comparable aux estimations pour les autres stocks méditerranéens. L'estimation pour la mer d'Alboran est de $F = 0,73$ (FAO 2017b), pour la mer Égée, il varie entre 0,52 et 0,88 (Antonakakis *et al.* 2011, FAO 2017b).

La mortalité par pêche en mer Adriatique est passée d'environ 0,3 à environ 1,4 au cours des trois dernières décennies (FAO 2017b). La recommandation de la FAO pour toutes ces zones est de réduire la mortalité par pêche (FAO 2017b). La mortalité par pêche dans la mer Cantabrique et dans les eaux ibériques de l'Atlantique a fluctué entre 0,2 et 0,6 au cours des quatre dernières décennies, alors que le CIEM a établi le point de référence de précaution pour la mortalité par pêche de ces stocks égale à $F_{pa} = 0,19$. Le conseil actuel du CIEM n'a aucune prise (ICES)204 2017c).

Sparre et Venema (1998) ont déclaré qu'une prédiction exacte du futur recrutement et donc des rendements futurs ne sont généralement pas possibles. Pour les petits pélagiques, les relations stock-recrutement sont très difficiles à obtenir. Sharp et Csirke (1983) ont

également noté que l'abondance des petits pélagiques dans les zones d'upwelling, dépendent généralement beaucoup de facteurs environnementaux au-delà de

le contrôle de toute interférence humaine. À la lumière de ces fluctuations environnementales, on pourrait soutenir que le niveau de référence $F_{0.1}$, auquel le stock est actuellement exploité, n'est pas suffisamment prudent et qu'une réduction de l'effort de pêche devrait être envisagée. Le rendement de Beverton-Holt par recrue

(Fig. 11) montre qu'une réduction, par exemple, d'une mortalité par pêche de $F = 0,3$ an⁻¹, a pratiquement aucun effet sur le rendement, mais augmente considérablement la biomasse moyenne par recrue.

Conclusion

Un taux d'exploitation élevé des espèces de petits pélagiques, caractérisées par une courte durée de vie et une grande vulnérabilité des recrues aux conditions environnementales pourraient facilement provoquer leur effondrement.

Bien que nos estimations de la mortalité par pêche se comparent bien au niveau de points de référence de précaution habituels, nous recommandons toujours de diminuer le niveau actuel d'exploitation. La mise en œuvre de cette recommandation devrait aboutir à un rendement durable à long terme, non loin du Maximum, tout en assurant le renouvellement des stocks des petits pélagiques exploitables dans la région occidentale de la côte algérienne.

L'évaluation, fournie par le modèle de rendement relatif par recrue et basée sur une longue analyse de cohorte, peut aider à comprendre la fluctuation des stocks par rapport à la pression de pêche.

Le présent travail contribue à la connaissance de la biologie et à la dynamique des petits pélagiques dans la région occidentale de l'Algérie. C'est une première étape importante mais beaucoup d'autres mesures doivent être prises.

Deux particularités à prendre en compte pour évaluer l'état des ressources de petites ressources pélagiques: la variabilité et l'instabilité (Fréon *et al.*, 2005). Comme l'ont mentionné Fréon *et al.* (2005): «de nombreux exemples d'effondrements de petites pêcheries pélagiques ont eu lieu au cours de la seconde moitié du XXe siècle et, dans la plupart des cas, ces effondrements étaient clairement associés à un déclin abrupt de la biomasse ... Ces variations de la biomasse ont été principalement motivées par la variabilité naturelle (due aux changements environnementaux et / ou aux interactions entre espèces), l'exploitation ou les deux ont été et sont encore longuement débattues ».

Les pêcheries algériennes sont des pêcheries mixtes; À savoir que plusieurs flottes sont en concurrence pour exploiter la même ressource, et chaque flotte exploite plusieurs ressources en même temps; les petits pélagiques font l'objet d'une telle pêche, ce qui rend leur gestion difficile. Ils sont certainement les plus représentatifs de l'ichtyofaune algérienne; Ils représentent un pourcentage élevé d'apports de poisson (80%) (Zeghdoudi, 2006).

L'analyse de la dynamique des petits pélagiques nécessite des programmes de recherche à long terme et des programmes pluridisciplinaires tels que l'écobiologie, la pêche et l'hydrologie (Gaamour, 1999), ce qui n'est pas le cas en Algérie. Seules quelques études ont porté sur la détermination de certains paramètres biologiques et l'évaluation des stocks, comme par exemple les travaux de Zeghdoudi (2006), Bouazizet *al.* (2014), Bouhali (2015) et Kherraz (2012).

Références bibliographiques

- Antonakakis, K., Giannoulaki, M., Machias, A., Somarakis, S., Sanchez, S., Ibaibarriaga, I., and Uriarte, A. 2011.** Assessment of the sardine (*SardinapilchardusWalbaum, 1792*) fishery in the eastern Mediterranean basin (North Aegean Sea). *Mediterranean Marine Science* 12: 333-357
- Beverton R.J.H., & Holt S.J., 1957.** - On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food, G.B. (2 Sea Fish.)*, 19: 533 p.
- Bhattacharya C.G., 1967.** - A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23 (1): 115-135.
- Bouaziz A., 2007.** La sardinelle (*SardinellaauritaValenciennes, 1847*) des côtes algériennes : distribution, biologie et estimation des biomasses. *Thèse de Doctorat d'état. USTHB Alger : 125p*
- Bouaziz, A., Kerzabi, F., and Brahmi, B. 2014.** Impact of the natural mortality (M) variability on the evaluation of the exploitable stock of sardine *Sardinapilchardus*(Actinopterygii: Clupeiformes: Clupeidae) of the central region of the Algerian coast. *ActaIchthyologicaetPiscatoria*, 44: 87-97.
- Boufersaoui, S. 2012.** Contribution à l'étude du Sparidé *Pagellus acarne* (Risso, 1826) dans la région d'Alger : la structure des peuplements associés, les indices de reproduction, la croissance et l'exploitation. *Thèse de Magister E.N.E.S.S.M.A.L, Alger, 148 pp.*
- Boufersaoui, S. 2016.** Biologie et évaluation des stocks de trois Sparidae de la région centre de l'Algérie : *Lithognathusmormyrus* (Linnaeus, 1758), *Pagruspagrus* (Linnaeus, 1758) et *Pagellus acarne* (Risso, 1826). *Thèse de doctorat E.N.E.S.S.M.A.L, Alger, 148 pp.*
- Boughrib, C. and Limane, A. 2012.** Biologie et exploitation de *Trachurustrachurus* en baie de Bou-Ismaïl. *Mémoire E.N.E.S.S.M.A.L, Alger, 53 pp.*
- Bougis P., 1976.** - Océanographie biologique appliquée. Exploitation de la vie marine. *Ed.Masson, Paris: 320p.*
- Brahmi B., Bennoui A., Oualiken A., 1998.** Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus, Walbaun, 1792*) dans la région centre de la côte algérienne. In : Leonart J. (ed.). *Dynamique des populations marines. Zaragoza : CIHEAM, 1998. p. 57-64.*
- Checkley, D.M. Jr., Alheit, J., Oozeki, Y., and Roy, C. (eds.) 2009.** *Climate Change and Small Pelagic Fish.* Cambridge University Press, Cambridge, UK

- Collignon B. 1991.** Les principaux karst d'Algérie. Congrès SSS. Actes pp. 37-43.
- Daget, J. 1976.** Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris, France, 172 pp.
- DGPA., 2016.**-Les données statistiques sur la production nationale des ressources halieutiques durant la période 2012-2015.
- Djabali, F., Mehailia, A., Koudil, M., and Brahmi, B. 1994.** A reassessment of equations for predicting natural mortality in Mediterranean teleosts. *Naga, The ICLARM Quarterly* 17: 33–34.
- FAO 2017b.** Report of the FAO Scientific Advisory Committee on Fisheries (SAC) Working Group on Stock Assessment of Small Pelagic species (WGSASP). Rome, Italy, 13-18 November 2017.
- <http://www.fao.org/gfcm/reports/technical-meetings/detail/en/c/1107436/>
- Fréon, P., Cury, P., Shannon, L., and Roy, C. 2005.** Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: A review. *Bulletin of Marine Science*, 76: 385-462.
- Gulland J.A., 1969.** - Manuel of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. *FAO Man. Fish. Sci.*, 154 pp.
- 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.
- Harchouche K., 2006.** Contribution à la systématique du genre *Spicara*, écologie, biologie et exploitation de *Spicaramaena* (poisson, téléostéen) des côtes algériennes. *Thèse Doctorat d'état. U.S.T.H.B.* 230p.
- Hemida F., 2005.** - Les Sélaciens de la côte algérienne : Biosystématique des Requins et des Raies : Ecologie, Reproduction et Exploitation de quelques populations capturées. *Thèse de Doctorat d'état, U.S.T.H.B., Alger* : 204 p
- ICES 2017a.** ICES Advice of fishing opportunities, catch and effort. Sardine (*Sardinapilchardus*) in Subarea 7 (Southern Celtic Seas, and the English Channel). DOI: 10.17895/ices.pub.3063
- ICES 2017b.** ICES Advice of fishing opportunities, catch and effort. Sardine (*Sardinapilchardus*) in divisions 8.a-b and 8.d (Bay of Biscay). DOI: 10.17895/ices.pub.3064.
- ICES 2017c.** ICES Advice of fishing opportunities, catch and effort. Sardine (*Sardinapilchardus*) in divisions 8.c and 9.a (Cantabrian Sea and Atlantic Iberian waters).
- KHERRAZ T., 2012.** la moyennisation dans les équations différentielles ordinaires et les équations différentielles fonctionnelles à retard. *Thèse de magister. USTO, ORAN* : 54p.

- Kooijman, S.A.L.M. 2010.**,Dynamic Energy Budget Theory for Metabolic Organisation. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lalami Y., 1979.** Etude biologique et halieutique du rouget de vase (*Mullus barbatus L.*) des côtes algériennes. Thèse Doctorat es Sciences (Sciences Naturelles) *Univ. Sc Tech. Languedoc*, Montpellier : 510p.
- Laloë F, Samba A., 1990.**la pêche artisanale au Sénégal :ressource et stratégies de pêche.Paris : ORSTOM, 395 p. (Etudes et Thèses). Th : Sci. de la vie, Paris Sud : Orsay. 1989/06/19. ISBN 2-7099-1010-1.
- Lamrini A., 1988.** Les sparidés de la côte Atlantique marocaine. Reproduction, croissance et exploitation de cinq espèces. *Thèse de doctorat en sciences naturelles. U.B.O., Brest: 382 p.*
- Mildenberger, T. K., Taylor, M. H., & Wolff, M. (2017b).** TropFishR: Tropical Fisheries Analysis with R 394 (Version 1.1.2). Retrieved from <https://github.com/tokami/TropFishR>
- 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) : 56p.
- Pecquerie L, Petitgas P, Kooijman SALM (2009).**,Modeling fish growth and reproduction in the context of the Dynamic Energy Budget theory to predict environmental impact on anchovy spawning duration. *Journal of Sea Research* 62: 93-105.
- Schwartz D., 1992.** - Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes.*Ed. Flammarion; Coll. Stat. Biol. en Médecine : 306p.*
- Sharp, G.D., and Csirke, J. (eds.) 1983.** Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources, San José, Costa Rica , 18-29 April 1983. *FAO Fisheries Report 291, Vol. 2*, <http://www.fao.org/docrep/003/x6850b/X6850B00.htm>
- Sparre P. & Venema S. C., 1996.** - Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Prem. part. Manuel. *FAO Doc. Tech. Pêches, Rome : 306 (1) : 401p.*
- Tsikliras, A.C., and Koutrakis, E.T. 2013.**Growth and reproduction of European sardine, *Sardinapilchardus* (Pisces: Clupeidae), in northeastern Mediterranean. *Cahiers de Biologie Marine* 54: 365-374
- Whitehead, P.J.P. 1985.** Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeioidi). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies

and wolf-herrings. Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. *FAO Fisheries Synopsis No. 125, Species Catalogue Vol. 7, Part 1, 303 pp.*
<http://www.fao.org/docrep/009/ac482e/ac482e00.htm>

Zeghdoudi E., 2006. Modélisation bioéconomique des pêcheries méditerranéennes. Application aux petits pélagiques de la baie de Bouismail. *These de master, CIHEAM.*

Liste des tableaux et figures

| Titre | page |
|--|------|
| Figure 1: Zones d'échantillonnage | 3 |
| Figure 2. SST calculé à partir MODIS produits des données satellitaires sur la région ouest de l'Algérie. | 5 |
| Figure 3. Concentration en chlorophylle a (mg m ⁻³) estimée à partir de MODIS produits de données satellitaire sur la région ouest de la côte algérienne. | 6 |
| Figure 4 : Otolithe de <i>S. pilchardus</i> sous une loupe (originale). | 11 |
| Figure. 5 : Distribution de taille des espèces de la sardine capturée dans la région ouest du bassin algérien | 12 |
| Figure.6: Données Age-LT individuelles obtenues par la lecture directe et les courbes d'ajustement (Von Bertalanffy) de la croissance linéaire pour <i>S. pilchardus</i> . | 14 |
| Figure 8 : Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de Jones and van Zaling pour la sardine de la région ouest algérienne. | 28 |
| Figure 9- estimation de L50 pour <i>Sardina pilchardus</i> | 29 |
| Figure 10 – VPA appliquée sur <i>Sardina pilchardus</i> | 31 |
| Figure 11- Le modèle de Beverton-Holt à partir de données de longueur de la sardine. | 32 |
| Figure 12- analyse de Thompson et Bell, fondée sur la longueur | 33 |

| titre | page |
|---|------|
| Table 1. Clé âge longueur obtenu par la lecture directe des otolithes | 13 |
| Tableau.2 : Paramètres de croissance obtenus par R | 13 |
| Tableau 3 : Equations des relations biométriques des petits pélagiques Sexes confondu | 16 |
| Tableau 4. Relation d'allométrie entre le poids éviscéré et la longueur totale des petits pélagiques de la région ouest de l'Algérie. | 17 |
| Tableau.5: Valeurs biogéographiques des paramètres de croissance de <i>S. pilchardus</i> | 20 |
| Table.6 Valeurs biogéographiques de la relation taille poids pour <i>S. pilchardus</i> | 21 |
| Tableau 7 : Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de Jones and van Zaling | 28 |
| Tableau 8 : captures moyennes annuelles (2014-2017) et paramètres d'entrée utilisés pour l'analyse des populations virtuelles | 30 |