

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و مهينة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur en Science de la Mer et de l'Aménagement du Littoral  
Option : Halieutique



Présenté par :

BOUKEDJOUTA Rachid  
ZEGHLOUL Toufik

Soutenu le 23/06/2009 devant le jury composé de :

Mr	SEFIANE. O.	(Maître de conférences)	Président
Mme	OUABADI. T.	(Chargée de cours)	Examinatrice
Mr	HEMIDA. F.	(Maître de conférences)	Examineur
Mr	BOUAZIZ. A.	(Maître de conférences)	Promoteur

« Promotion 2008/2009 »



### **Remerciements**

*Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.*

*A cet effet, nous tenons à remercier Monsieur le président d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance, ainsi que les examinateurs de nous avoir honorés de leur présence, et d'avoir acceptés d'examiner ce travail et dont les critiques nous serviront sûrement.*

*Nous remercions également Monsieur Bouaziz, d'avoir accepté, de diriger et de suivre constamment la progression de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives.*

*Nos remerciements, s'adressent aussi A l'ensemble des personnes de l'E.S.S.M.A.L, qui nous ont permis de réaliser cette étude dans les meilleures conditions de travail et dans une bonne ambiance.*

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

## Liste des acronymes

<b>ESSMAL</b>	Ecole nationale Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du littoral.
<b>INSTM</b>	Institut national des Sciences et Technologie de la Mer.
<b>LCHF</b>	Laboratoire central hydraulique de France
<b>DGP</b>	Direction générale des pêches.
<b>ONM</b>	Office National de Météorologie.
<b>O.N.D.P.A</b>	Organisation Nationale d'Aménagement du Port d'Annaba.
<b>D.T.P</b>	Direction des Travaux Public.
<b>CC (cm)</b>	Centre de classe de taille en centimètre.
<b>Ni</b>	Nombre de survivants à l'âge <i>ti</i> .
<b>LRP</b>	« Limit Reference Point », points limites de référence biologique.
<b>P.RB</b>	Points de Référence Biologique.
<b>F<sub>0.1</sub>, F<sub>cible</sub></b>	Points de Référence Biologique.
<b>et al</b>	Et collaborateurs.
<b>L<sub>t</sub></b>	Longueur totale.
<b>W<sub>t</sub></b>	Poids total.
<b>a</b>	Constante.
<b>b</b>	Coefficient d'allométrie.
<b>V.P.A</b>	Virtual population analysis.
<b>L<sub>50</sub></b>	La taille de première maturité sexuelle.
♂	Mâle.
♀	Femelle.
<b>L<sub>∞</sub></b>	Longueur asymptotique (cm) qui serait atteinte par le poisson à l'âge théorique infini.
<b>K</b>	Coefficient de croissance (an <sup>-1</sup> ) caractérisant la vitesse avec laquelle l'espèce croît vers sa taille asymptotique.
<b>t<sub>0</sub></b>	Âge théorique pour lequel la taille est nulle (cm).
<b>M</b>	Coefficient de la Mortalité naturelle.
<b>Z</b>	Coefficient de la Mortalité totale.
<b>F</b>	Coefficient de la mortalité par pêche.
<b>R</b>	Coefficient de corrélation.
<b>Ci</b>	Captures opérées sur une population pendant l'unité de temps <i>i</i> .
<b>T</b>	Température.
<b>Tr</b>	Âge au recrutement.
<b>tc</b>	Âge critique du stock vierge.
<b>Y/R</b>	Rendement par recrue.
<b>Y<sub>max</sub>/R</b>	Rendement maximal par recrue.
<b>SSB</b>	Spawning Stock Biomass ou biomasse de reproducteurs.
<b>  ε  </b>	Le test t basé sur la comparaison de 2 pentes.
<b>Y<sub>actuel</sub></b>	Rendement par recrue actuel correspondant à la mortalité par pêche actuelle (F <sub>actuel</sub> ).
<b>Y<sub>0.1</sub></b>	Rendement par recrue correspondant à la mortalité par pêche (F <sub>0.1</sub> ).
<b>B<sub>actuel</sub></b>	Biomasse par recrue actuelle correspondant à la mortalité par pêche actuelle (F <sub>actuel</sub> ).
<b>B<sub>0.1</sub></b>	Biomasse par recrue actuelle correspondant à la mortalité par pêche (F <sub>0.1</sub> )
<b>MSY</b>	Production maximale équilibrée.
<b>D</b>	Biomasse totale équilibrée.
<b><math>\bar{E}_{max} / R</math></b>	Biomasse maximale par recrue.

## Liste des tableaux

**Tableau 1-** Distribution de fréquence de taille de la sardine *Sardina pilchardus* dans le golfe d'Annaba (laboratoire de la biologie marine ESSMAL).

**Tableau 2-** Clé âge longueur de la sardine *S. pilchardus* du golfe d'Annaba (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005)

**Tableau 3-** Clés âge-longueur de *Sardina pilchardus* obtenues par différents auteurs dans la Méditerranée.

**Tableau 4-** Paramètres de croissance linéaire de von Bertalanffy (FISHPARM, Saila *et al.*, 1988).

**Tableau 5-** Paramètres de l'équation de von Bertalanffy de *Sardina pilchardus* d'après la littérature en Méditerranée.

**Tableau 6-** Répartition des poids totaux par classe de taille de la sardine du golfe d'Annaba.

**Tableau 7-** Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

**Tableau 8-** Valeurs de a et b de la relation taille- poids de *Sardina pilchardus* d'après la littérature en Méditerranée.

**Tableau 9-** Poids moyen (grammes) à divers âges de *S. pilchardus* exploitée dans le golfe d'Annaba.

**Tableau 10-** Poids asymptotiques ( $W_{\infty}$ ) de *Sardina pilchardus* d'après la littérature dans la Méditerranée.

**Tableau 11-** Résultats de la régression des points sélectionnés dans la courbe de captures selon les longueurs de *sardina pilchardus* du golfe d'Annaba (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

**Tableau 12-** Mortalités totales de *S. pilchardus* estimées par d'autres auteurs dans différentes régions de la Méditerranée

**Tableau 13-** Mortalités naturelles de *S. pilchardus* estimées par d'autres auteurs dans différentes régions de la Méditerranée

**Tableau 14-** Données nécessaires pour le calcul de la VPA par longueur de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba à l'aide du programme VIT (Leonart et Salat, 2000).

**Tableau 15-** Capture en nombre d'individus et en poids en fonction de la taille de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba (VIT, Leonart et Salat, 2000).

**Tableau 16-** Résultats de la biomasse obtenue par la VPA de la population de *S. pilchardus* de la région centre de la côte algérienne (VIT, Lleonart et Salat, 2000).

**Tableau 17-** Résultats de la VPA, obtenus par le VIT (Lleonart et Salat, 2000) de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba

**Tableau 18-** Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par la VPA de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba (VIT, Lleonart et Salat, 2000).

**Tableau 19-** Etat du stock de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba à l'équilibre (VIT, Lleonart et Salat, 2000)

**Tableau 20-** Rendements et biomasses par recrue en fonction de (F) de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

## Liste des figures

**Figure 1-** Situation géographique du golfe d'Annaba.

**Figure 2-** Plan général du port d'Annaba (LCHF, 1976 *modifié*).

**Figure 3-** *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) (Ficher *et al.*, 1987).

**Figure 4-** *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

**Figure 5-** Distribution géographique de *S. pilchardus* (Walbaum, 1792).

**Figure 6-** Polygone de la distribution fréquence de taille de la sardine (*S. pilchardus*) du golfe d'Annaba

**Figure 7-** Décomposition de la distribution de fréquences de tailles de *S. pilchardus* tous sexes confondus par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

**Figure 8-** Courbe de croissance linéaire obtenue par l'équation de von Bertalanffy de la sardine du golfe d'Annaba.

**Figure 9-** Relation taille-poids de la sardine (*Sardina pilchardus*) du golfe d'Annaba.

**Figure 10-** Courbe théorique de croissance pondérale de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba (sexes confondus).

**Figure 11-** Courbe de capture pour l'estimation de Z de *S. pilchardus* exploitée dans le golfe d'Annaba (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

**Figure 12-** Capture en nombre d'individus en fonction de la taille de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

**Figure 13-** Capture en poids en fonction de la taille de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

**Figure 14-** Variation du poids moyen virtuel en fonction de la taille de la population de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

**Figure 15-** Mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenues par l'analyse de la VPA, de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

**Figure 16-** Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

**Figure 17-** Rendements et biomasses par recrue de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba.

# Sommaire

Introduction.....	2
-------------------	---

## Chapitre premier : Généralités

1. Présentation de la zone d'étude .....	4
1.1. Situation géographique.....	4
1.2. Facteurs physiques du milieu.....	5
1.3. Présentation du port.....	6
2. Présentation de l'espèce .....	8
2.1. Position systématique.....	8
2.2. Morphologie .....	9
2.3. Période de reproduction et maturité sexuelle.....	9
2.4. Répartition géographique et bathymétrie .....	10

## Chapitre deuxième : détermination des paramètres biologiques

1. La clé âge longueur.....	13
1.1. Introduction.....	13
1.2. Matériel et méthodes .....	13
1.3. Résultats et discussion.....	15
2. Croissances .....	18
2.1. Introduction.....	18
2.2. Croissance linéaire .....	18
2.2.1. Matériel et méthodes .....	18
2.2.2. Résultats et discussion .....	19
2.3. Croissance relative .....	20
2.3.1. Matériel et méthodes .....	20
2.3.2. Résultats et discussion .....	22
2.4. Croissance pondérale.....	23
2.4.1. Matériel et méthodes .....	23
2.4.2. Résultats et discussion .....	24
3. Mortalités .....	25
3.1. Introduction .....	25
3.2. Mortalité totale Z .....	26
3.2.1. Matériel et méthodes .....	26
3.2.2. Résultats et discussion .....	27
3.3. Mortalité naturelle M et mortalité par pêche F.....	28

3.3.1. Matériel et méthodes .....	28
3.3.2. Résultats et discussion .....	29

## Chapitre troisième : **Exploitation**

1. Introduction .....	31
2. Matériel et méthodes.....	31
2.1. Analyse de populations virtuelles (VPA).....	32
2.1.1. Equation de la biomasse .....	34
2.1.2. Paramètres requis pour l'application de la VPA .....	34
2.2. Modèle de rendement par recrue .....	36
2.3. Biomasse par recrue .....	37
2.4. Calcul du point de référence biologique $F_{0,1}$ .....	38
3. Résultats et discussion .....	39
3.1. Captures en nombre d'individus et en poids .....	39
3.2. Analyse de la VPA.....	42
3.2.1. Analyse de la biomasse.....	42
3.2.2. Analyse des mortalités par pêche (F) .....	45
3.3. Biomasse totale équilibrée (D) .....	47
3.4. Rendements (productions) et biomasses par recrue.....	48
 Conclusion générale .....	 52
 Références bibliographiques.....	 55

## Annexe

# INTRODUCTION

## Introduction

La Méditerranée est une mer riche en stocks plurispécifiques et spécialement en petits pélagiques. Ces derniers constituent un potentiel halieutique important le long des côtes algérienne. Ils sont constitués de sardines (*Sardina pilchardus*), Saourel (*Trachurus trachurus*), anchois (*Engraulis encrasicolus*) et sardinelles (*Sardinella aurita*).

La pêche sardinière, l'une des principales composantes des pêcheries algériennes, constitue plus de 50% des débarquements par rapport aux poissons bleus (Mouhoub, 1986). Dans le golfe d'Annaba durant l'année 2006, la production a atteint 1685,5 tonnes, ce qui correspond à 43,58% du total des petits pélagiques débarqués (Bédairia, 2007).

Les ressources vivantes sont limitées mais renouvelables, l'aménagement des stocks de poisson a pour but ultime de fournir des avis sur l'exploitation optimale d'une ressource vivante. Il est nécessaire de préciser l'importance du stock de la sardine du golfe d'Annaba, de ses potentialités, et l'effet de la pêche sur ce stock.

Les réponses à ces questions nécessitent d'acquérir des connaissances sur la dynamique et la biologie de cette population de poisson. La présente analyse a pour but d'estimer les paramètres de la population de la sardine du golfe d'Annaba et de déterminer son schéma d'exploitation dans le but d'estimer la biomasse exploitable du stock de *sardina pilchardus* du golfe d'Annaba et de déterminer le  $F_{0.1}$  qui constitue un indice primordial pour la gestion durable de cette espèce.

A l'issue de cette étude, des recommandations pour une gestion rationnelle du stock de la sardine seront formulées.

# GÉNÉRALITÉS

## 1. Présentation de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique

Le golfe d'Annaba est situé dans le littoral Est algérien. Il est limité à l'Est par le cap Rosa ( $8^{\circ} 15' E$  et  $36^{\circ} 58' N$ ) et à l'Ouest par le Cap de Garde ( $7^{\circ} 16' E$  et  $36^{\circ} 58' N$ ). La distance séparant les deux caps est d'environ 35 km avec une profondeur maximale de 65 m (LCHF, 1976).

Le golfe d'Annaba est caractérisé par un plateau continental très étroit, avec un fond hétérogène surtout au voisinage des caps. C'est ainsi que la plate forme continentale avance jusqu'à environ 16 km seulement au large (Gruvel, 1926 *in* Attoum et Bouzid, 2001).

La baie d'Annaba (figure 1) est située dans la partie Ouest du golfe, elle est comprise entre le cap Garde et le port d'Annaba. Elle s'étend sur une bande côtière de 15 km (Labioud, 1986 *in* Bédairia et Benchikh, 2003).



**Figure 1-** Situation géographique du golfe d'Annaba (Source ; Google Earth, 2009).

## 1.2. Facteurs physiques du milieu

Les principaux facteurs physiques du milieu sont primordiaux dans la distribution et le comportement des petits pélagiques (Zeghdoudi, 2006). Ces facteurs dans la région d'Annaba se résument comme suit :

- § un régime pluviométrique caractérisé par une saison sèche, du mois de mai jusqu'au mois de septembre et représente 25 % de la pluviométrie moyenne annuelle et une saison humide allant d'octobre à avril représente 75 % de la pluviométrie moyenne annuelle (Djabri, 1995) ;
- § les vents sont du secteur Sud-Ouest à ouest dominant à la saison humide, et de secteur nord à est dominant à la saison sèche, leurs vitesses se répartissent comme suit (O.N.M, 1999) :
  - 32,9 % pour les vitesses < 4 m/s ;
  - 32,8 % pour celles > 5 et < 9 m/s;
  - 4,5 % pour les vitesses > 10 et < 14 m/s ;et
  - 0,3 % pour les vitesses > 15 m/s.

Les vents violents > 10 m/s représentent 4,8 % du pourcentage total des vents. 44,6 % de cette catégorie proviennent de la direction Nord Nord-Est et 11,3 % de la direction Ouest. Djebel Edough joue le rôle d'un écran contre les vents de Nord-Ouest (LCHF, 1976) ; et

- § les températures, au sud-est du golfe varient entre 16 en hiver et 28,8° C en été. Au Nord-Ouest de la même zone, les températures varient entre 14 et 28° C. Cette variation est liée aux influences des rejets industriels (Frehi, 1995) ; et
- § la salinité dans le golfe d'Annaba est assez variable et fluctue entre 37,1 et 37,4 ‰ selon le lieu et la saison (Frehi et al, 2007).

### 1.3. Présentation du port

Il est situé dans la sortie Sud Ouest du golfe d'Annaba aux coordonnées 07° 47' 3'' de longitude Est et 36° 54' 11'' de latitude Nord. Le port d'Annaba (figure 2) comprend :

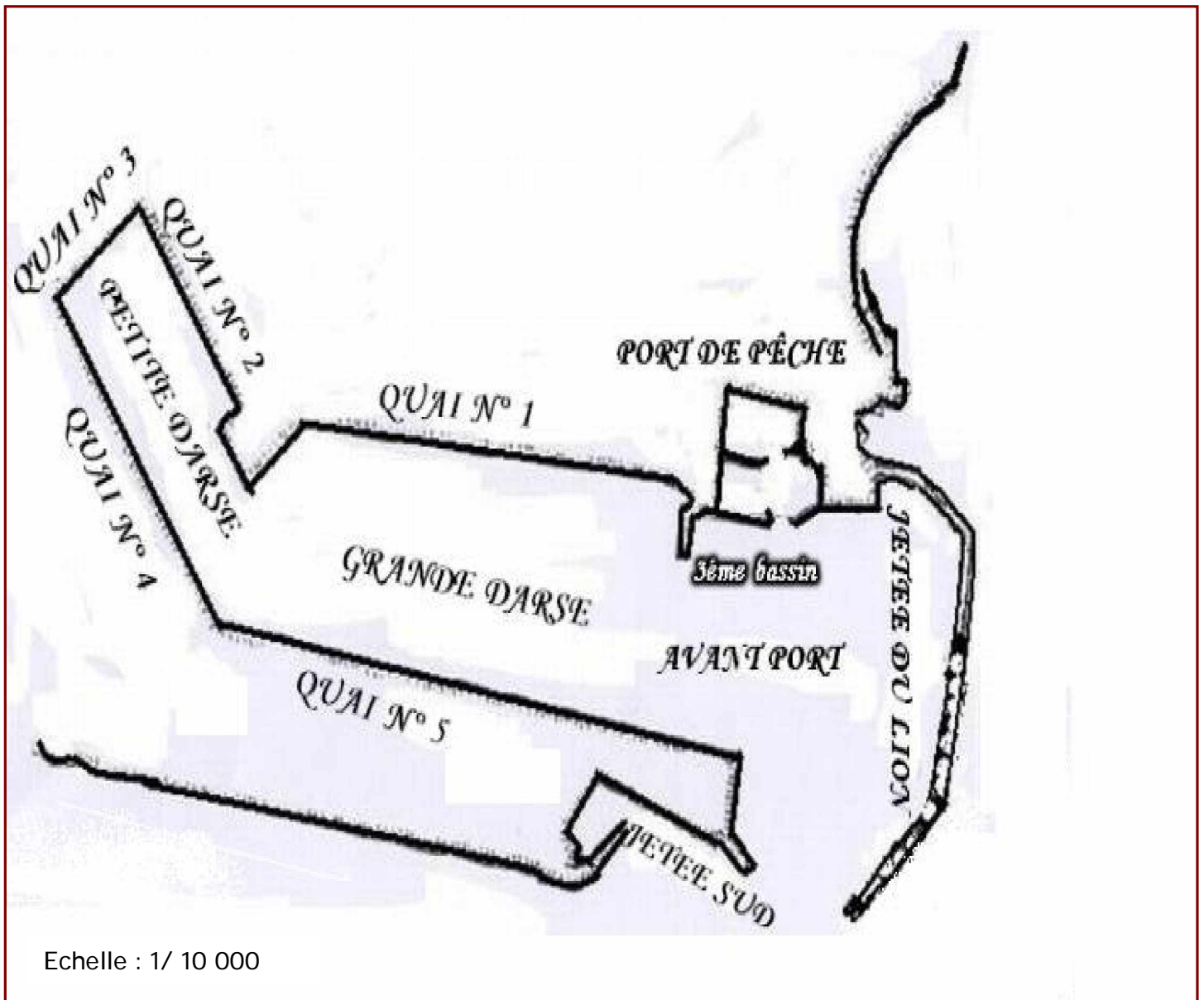
- l'avant port, abrité au Nord et au Nord-Est par la jetée coudée du lion et au Sud-Est par la jetée Sud ;
- la grande darse, qui communique avec l'avant port par la passe babayaud ; et
- la petite darse, située à l'extrémité sud ouest de la grande darse (LCHF, 1976).

Près de l'avant port, se situe le port de pêche d'Annaba : la grenouillère, sa profondeur varie entre 3,5 et 5,8 m, est dotée d'une capacité d'accueil de 345 mètres linéaires, d'un tirant d'eau de 2 à 4,5 m et de la terre plein de 9400 m<sup>2</sup>. La longueur des quais est de 640 m (DGP, 2002).

Les infrastructures liées à la pêche sont :

- un hall de vente en gros de produit de la pêche situé au port de pêche la grenouillère avec une superficie de 800 m<sup>2</sup> dote de deux chambres froides ;
- une fabrique de glace gérée par l'O.N.D.P.A d'une capacité de 05 tonnes/jour ;
- une station de ravitaillement en carburant (gas-oil) ;
- une entreprise de construction et réparation navale ; et
- une SARL « HIPHONE » pour construction et réparation navale.

Dans un but de soulager la surcharge du port d'Annaba, une extension (3<sup>ème</sup> bassin) a été réalisée en 2007 par la D.T.P (Direction des Travaux Public) d'une capacité d'accueil de 90 unités de pêche.



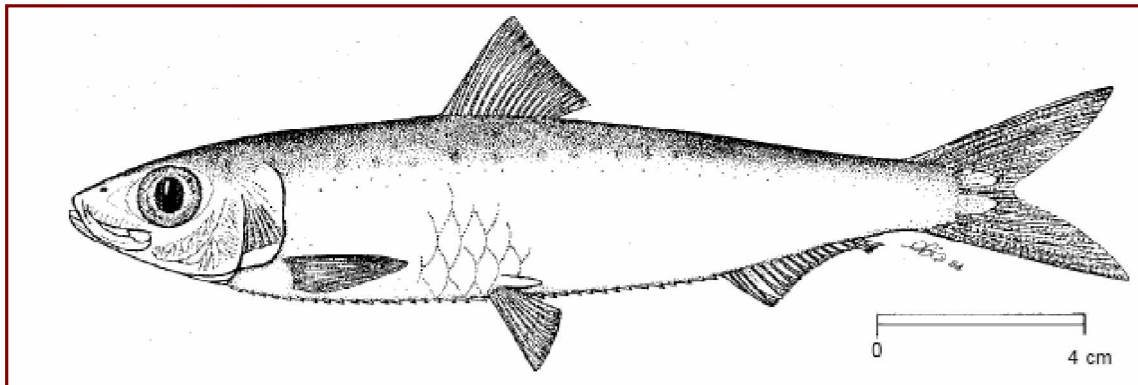
**Figure 2-** Plan général du port d'Annaba (LCHF, 1976 modifié).

## 2. Présentation de l'espèce

### 2.1. Position systématique

*Sardina pilchardus* (Figures 3 et 4) est définie par la place qu'elle occupe dans la classification zoologique comme suit :

Embranchement	Vertébrés
Sous embranchement	Gnathostomes
Super classe	Poissons
Classe	Osteichtyens
Sous classe	Actinopterygiens
Super ordre	Téléostéens
Ordre	Clupéiformes
Sous ordre	Clupéoïdés
Famille	Clupéidés
Genre	<i>Sardina</i>
Espèce	<i><b>pilchardus</b></i> (Walbaum, 1792).



**Figure 3-** *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) (Fischer *et al.*, 1987).



**Figure 4-** *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792).

## **2.2. Morphologie**

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 an Méditerranée) branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial. Origine de la nageoire dorsale un peu un avant du milieu du corps; anale très en arrière de la dorsale, les deux derniers rayons nettement plus longs que les autres; pelviennes à 8 rayons, insérés sous la base de la dorsale.

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 (Fischer *et al.*, 1987).

## **2.3. Période de reproduction et maturité sexuelle**

Généralement, la période de ponte varie d'une aire géographique à une autre. La reproduction de la sardine s'étend sur une période assez longue. De la fin du printemps en Manche, en hiver et au début du printemps dans le golfe de Gascogne, de juin à août en mer Noire et l'hiver en Méditerranée (Larraneta, 1960 *in* Mouhoub, 1986). Dans notre zone d'étude, la sardine du golfe d'Annaba se reproduit de décembre à mars (Bédairia, 2007).

Les œufs sont pélagiques et la maturité sexuelle est atteinte en un an. La fécondité varie de 5300 à 38500 œufs par femelle (Fischer *et al.*, 1987). Selon Mouhoub (1986), la sardine des côtes algéroise atteint sa taille de première maturité à 12.9 cm pour les femelles et à 11.9 cm pour les mâles.

Bouchereau (1981) a estimé la taille de première maturité sexuelle à 12.3 cm pour les deux sexes dans la baie d'Oran alors que Bédairia (2007) indique que les sardines (sexes confondus) du golfe d'Annaba atteignent leur  $L_{50}$  à 11.6 cm.

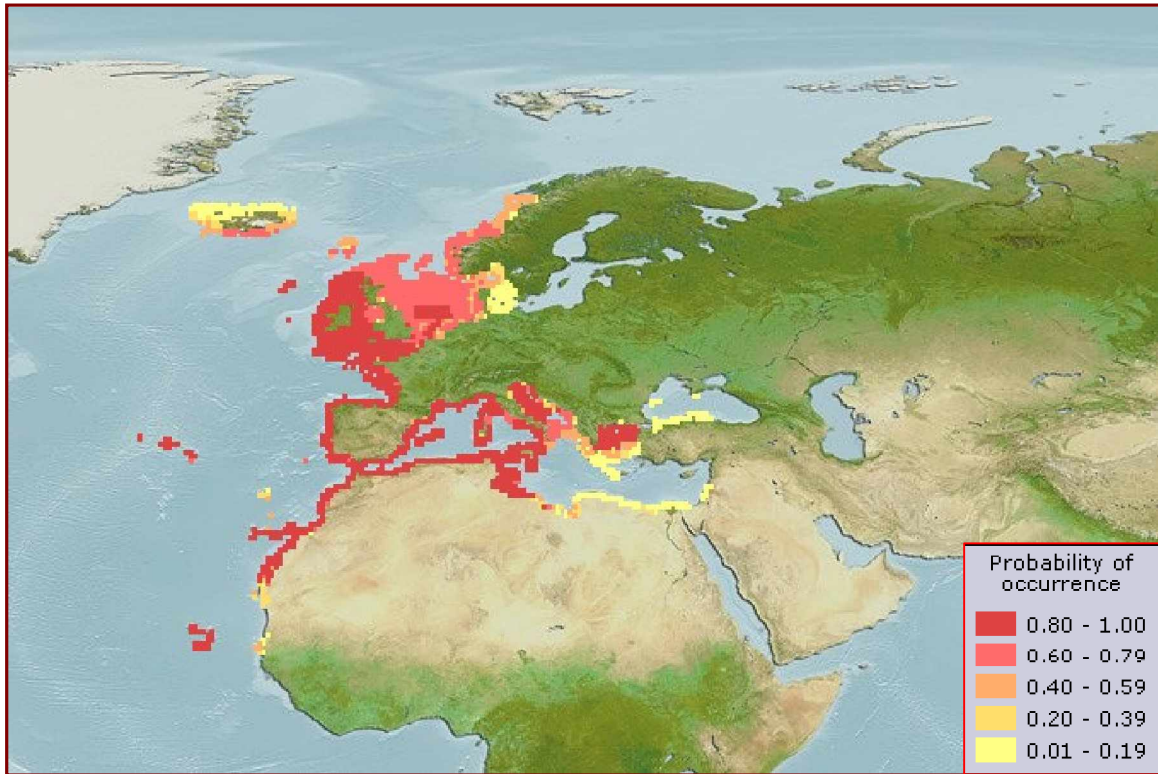
#### **2.4. Répartition géographique et bathymétrique**

La sardine se rencontre sur les côtes de l'Atlantique et en Méditerranée. En Atlantique est, son aire de répartition se prolonge de la mer du Nord, à partir des Dogger-Bank, jusqu'à la baie de Gorée au Sénégal (Clofnam, 1984 *in* Mouhoub, 1986). Sa distribution se limite aux isothermes de surface 12 à 20° C. Toutefois, des spécimens les plus âgés ont tendance à remonter plus loin vers le Nord et c'est ainsi que les individus de grande taille, se rencontre près des côtes anglaises (Fischer *et al.*, 1987).

En Méditerranée, elle se retrouve tout le long de la bordure nord des bassins occidental et oriental, des côtes espagnoles jusqu'au sud de la Turquie, en mer Egée et en mer Noire (Fischer *et al.*, 1987). Sa présence est plus rare dans le bassin Méditerranéen oriental et au large des côtes libyennes (Ben Tuvia, 1959) (Figure 5).

La répartition bathymétrique de la sardine semble liée à deux composantes : la thermocline dans la quelle elle se tient préférentiellement et la proximité du fond dont elle reste décollée de quelques mètres (ISTPM, 1982).

Elle vit jusqu'à 180 m de profondeur, surtout à 25-55 m le jour et 15-35 m la nuit. Elle vit en bancs, parfois effectue de très importantes migrations (Fischer *et al.*, 1987).



**Figure 5-** Distribution géographique de la sardine *S. pilchardus* (Walbaum, 1792) (Fishbase: Eli, 2007).

# DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

## 1. Clé âge longueur

### 1.1. Introduction

La détermination de l'âge des poissons est un des plus importants éléments pour l'étude de la dynamique de leurs populations. Elle constitue la base des calculs menant à la connaissance de la croissance, de la mortalité, du recrutement et autres paramètres fondamentaux.

La détermination de l'âge des poissons est un problème que les halieutes ont essayé de résoudre, depuis la fin du siècle dernier (Cherabi, 1987).

De nombreuses méthodes directes et indirectes permettent la connaissance de l'âge, qui est indispensable pour l'application des modèles halieutiques dans la gestion des stocks exploités. Ainsi les méthodes indirectes font appels, à une estimation mathématique (statistique) de l'âge, alors que les méthodes directes se basent sur la lecture des marques de ralentissement de croissance, existant au niveau des pièces anatomiques, tels que les écailles et les otolithes.

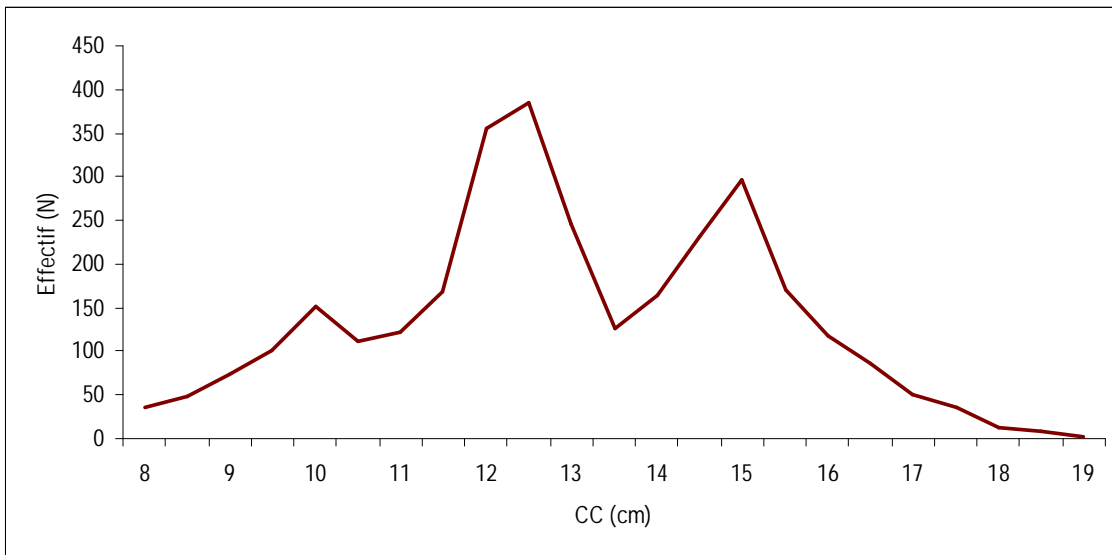
### 1.2. Matériel et méthodes

L'échantillonnage de la sardine (*Sardina pilchardus*) a été effectué, dans le golfe d'Annaba entre l'année 2005 et 2006, dans le cadre du projet de recherche (du laboratoire de la biologie marine ESSMAL) portant sur l'exploitation des petits pélagiques le long des côtes algériennes (Données Bouaziz).

Tous les individus, à sexes confondus et de tailles allant de 7.75 à 19.25 cm, sont repartis en classes de tailles avec un pas de 0.5 cm (Tableau 1, Figure 6).

**Tableau 1-** Distribution de fréquence de taille de la sardine *Sardina pilchardus* dans le golfe d'Annaba (laboratoire de la biologie marine ENSSMAL).

CC (cm)	Effectif	CC (cm)	Effectif
8	35	14	165
8.5	48	14.5	231
9	73	15	296
9.5	101	15.5	171
10	152	16	117
10.5	112	16.5	87
11	123	17	51
11.5	168	17.5	36
12	355	18	12
12.5	385	18.5	8
13	245	19	3
13.5	127		



**Figure 6-** Polygone de la distribution des fréquences de tailles de la sardine (*S. pilchardus*) du golfe d'Annaba.

La méthode préconisée dans ce présent travail pour la détermination de l'âge, est celle de Bhattacharya (1967). Cette méthode se base sur les distributions de fréquences de tailles. On regroupe les données de fréquences en classes de tailles d'égale amplitude « h » et de point milieu « X ». On construit un graphique portant en ordonnée, pour chaque abscisse X, la quantité:

$$\Delta \log Z = \log Z(x+h) - \log Z(x)$$

Z(x+h) et Z(x) étant les effectifs de classe de point milieu « X + h » et « X ».

Sur le graphe, on recherche des points de droite à pente négative. Le nombre de droites obtenu, correspond au nombre de composantes autrement dites aux âges. Les moyennes de ces composantes, c'est à dire les tailles moyennes des différents âges, sont ensuite estimés par la formule suivante :

$$L_{moy} = \lambda + (h/2)$$

Avec :

**h** : intervalle de classe (amplitude) ;

**λ** : abscisse du point d'intersection de chaque composante avec l'axe des abscisses ; et

**L<sub>moy</sub>** : taille moyenne de la composante (groupe d'âge).

D'après Bhattacharya (1967), les conditions qui doivent être vérifiées afin de pouvoir appliquer cette méthode, sont :

- la distribution ne doit pas comporter des classes vides ;
- l'intervalle « h » doit être petit par rapport à chacun des écarts-types.

En ce qui concerne le calcul de la précision de la taille moyenne, Sparre et Venema (1996) mentionnent que dans le cas d'un stock de poissons dans le milieu marin il est impossible de mesurer la valeur réelle de quelques paramètres que ce soit les tailles moyennes des âges ( $L_{moy}$ ). Nous ne nous occuperons que de la fidélité de l'estimation de la taille moyenne, c'est-à-dire de l'écart probable (la précision P) entre l'estimation et la moyenne réelle. On exprime l'incertitude autour de la moyenne réelle par les **limites de confiance**. Les limites de confiance inférieures et supérieures sont respectivement obtenues au moyen des expressions suivantes :  $L_{moy} - P$  et  $L_{moy} + P$ .

$$P = (t * s.d.) / \sqrt{N}$$

Avec : **s.d** : écart type ; **N** : effectifs, **t** = 1.96 pour  **$\alpha$  = 5%**.

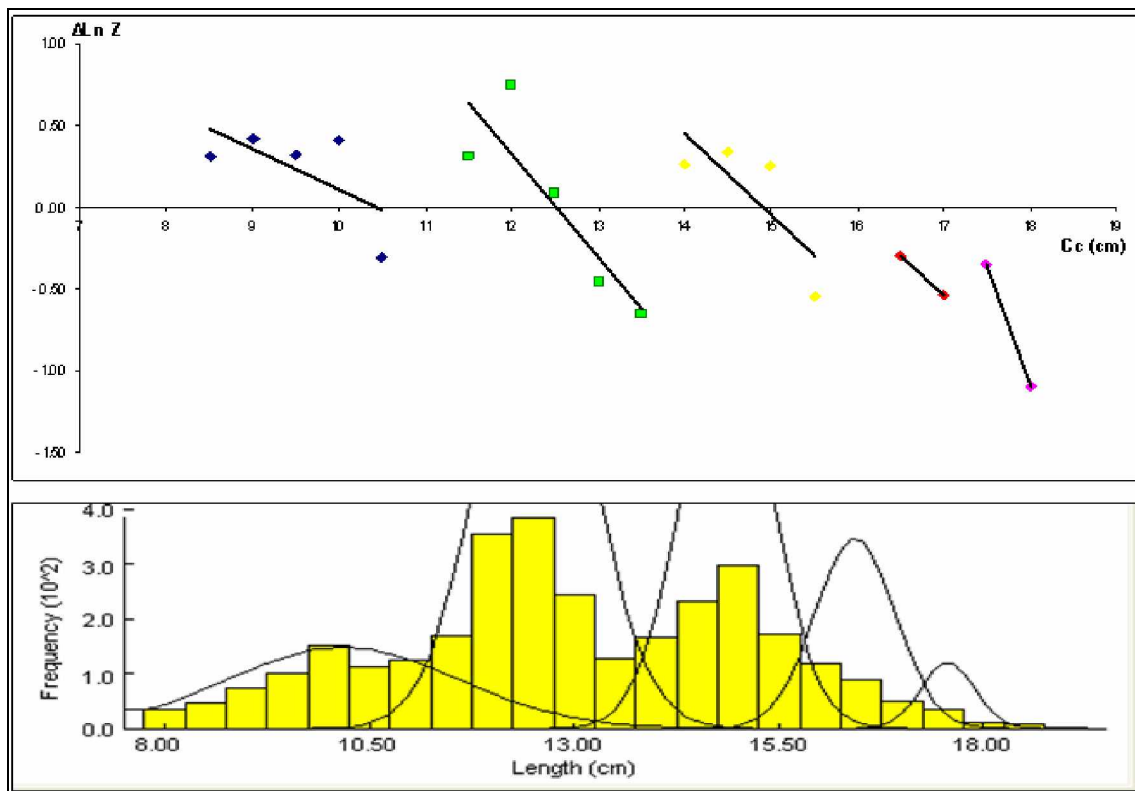
### 1.3. Résultats et discussion

L'application de la méthode de Bhattacharya (1967) par le FISAT II 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005), nous a permis d'obtenir cinq cohortes dont les tailles respectifs sont :10.18, 12.53, 14.86, 16.43 et 17.56 cm ( Tableau 2 , Figure 7).

**Tableau 2-** Clé âge longueur de la sardine *S. pilchardus* du golfe d'Annaba (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005)

Age (an)	Intervalle de confiance de la taille (cm) (pour $\alpha$ =5%)	Ni	s.d.	S.I.
1	10.18 ± 0.121	521	1.41	n.a.
2	12.53 ± 0.036	1403	0.68	2.25
3	14.86 ± 0.034	990	0.55	3.79
4	16.43 ± 0.047	426	0.49	3.02
5	17.56 ± 0.065	99	0.33	2.76

Ni : effectif de la cohorte ; s.d: écart type ; S.I. : indice de séparation qui doit être > 2.



**Figure 7-** Décomposition de la distribution de fréquences de tailles de *S. pilchardus* tous sexes confondus par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

Les résultats assignés dans le tableau 3 montrent que *S. pilchardus* atteint des longueurs moyennes différentes d'une région à l'autre avec une faible longévité, ce fait une caractéristique des petites pélagiques en général et des clupéidés en particulier (Pauly et Moreau, 1997).

L'analyse des tailles moyennes obtenues par différents auteurs montre que les résultats obtenus dans le présent travail concordent d'une manière générale avec ceux obtenus dans la région centre de la côte algérienne, cette concordance est plus évidente avec les résultats obtenus respectivement par Fage (1920), Brahmi *et al* (1998) dans les côtes algéroises et Mouhoub (1986) dans la baie de Bou-Ismaïl.

Une divergence a été constatée avec les résultats de Bédairia (2007) dans le golfe d'Annaba et ce suite à son utilisation de la mauvaise version du FISAT. La différence avec les autres auteurs serait dû aux méthodes utilisées pour la détermination de l'âge, les conditions hydrologiques et à la période d'échantillonnage.

Cette divergence est bien nette avec les résultats obtenus par Miloudabid et Hidaoui (2009) dans la région de Béni Saf (Ouest d'Algérie) qui est due essentiellement aux variations des conditions hydrologiques (température, salinité, l'intensité d'upwelling...) entre l'Est et l'Ouest de la rive Sud de la Méditerranée.

Chauvet (1986 *in* Korichi 1988) montre que la principale source des variations des résultats est due à l'interprétation des structures osseuses est à la qualité de l'échantillonnage.

**Tableau 3-** Clés âge-longueur de *Sardina pilchardus* obtenues par différents auteurs dans la Méditerranée.

Auteurs	Zone d'étude	Sexe	Clé âge-longueur (an-cm)							
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>Fage (1920)*</b>	Côtes algéroises	♂♀	8,1	12	14,3	15	-	-	-	-
<b>Andreu et al/ (1950)*</b>	Castellon (Espagne)	♂♀	11,3	13,8	14,9	15,4	16,3	-	-	-
<b>Mozzi et Duo (1959)*</b>	Italie	♂♀	12,64	14,69	15,97	16,1	-	-	-	-
<b>Mouhoub (1986) **</b>	Baie de Bou-Ismaïl	♂	12,21	13,67	15,32	16,17	17,25	-	-	-
		♀	12,20	14,1	15,82	16,42	17,58	18,5	-	-
<b>Morales-nin et Pertierra (1990) **</b>	Nord-ouest de la Méditerranée (Espagne)	♂♀	10,54	11,9	13,18	15,08	16,02	16,69	17,41	18,15
<b>Brahmi et al (1998)***</b>	Côtes algéroises	♂	11,30	14,10	15,92	17,00	-	-	-	-
		♀	11,46	13,99	15,96	17,47	18,64	-	-	-
<b>Bédairia (2007) ***</b>	Golfe d'Annaba	♂♀	7,80	10,01	12,77	15,14	16,72	18,72	-	-
<b>Miloudabid et Hidaoui (2009) ***</b>	Beni Saf	♂♀	10,35	12,53	14,78	16,34	17,90	19,38	-	-
<b>Présent travail (2009) ***</b>	Golfe d'Annaba	♂♀	10,18	12,53	14,86	16,43	17,56	-	-	-

\* : âge déterminé par scalimétrie ; \*\* : âge déterminé par otolithométrie ; \*\*\* : âge déterminé par les méthodes indirecte.

## 2. Croissance

### 2.1. Introduction

La croissance d'un poisson peut être définie très simplement comme un changement de poids avec le temps qui est le résultat net de deux processus opposés : l'un augmentant le poids du corps (anabolisme), l'autre tendant à le diminuer (catabolisme) (Pauly et Moreau, 1997).

La croissance consiste essentiellement à établir une relation entre une variable mesurable (taille ou poids) caractérisant un individu et l'âge de cet individu (Hemida, 1987).

La clé âge longueur obtenue permet de calculer les paramètres du modèle mathématique de la croissance considéré (linéaire, relative ou pondérale).

### 2.2. Croissance linéaire

#### 2.2.1. Matériel et méthodes

La clé âge longueur obtenue (Tableau 2) par la méthode de Bhattacharya (1967) est une donnée d'entrée pour la détermination des paramètres de croissance linéaire.

Suite aux recommandations du groupe de travail DYNPOP du CIESM (Abella *et al.*, 1995 ; Aldebert et Recasens, 1995 ; Alemany et Oliver, 1995 *in* Bouaziz *et al.*, 1998), les paramètres de croissance ont été estimés par le logiciel FISHPARM version 3.0S (Saila *et al.*, 1988).

L'avantage de ce logiciel, c'est qu'il fournit initialement des évaluations des paramètres puis il utilise des algorithmes itératifs.

Le programme FISHPARM (Saila *et al.*, 1988) est basé sur l'équation de von Bertalanffy (1938) :

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

Avec :

**$L_{\infty}$**  : la longueur asymptotique. Théoriquement, c'est la taille moyenne qu'atteindrait un poisson qui pourrait vivre et grandir indéfiniment ;

**$K$**  : le coefficient de croissance (ou paramètre de courbure). Il caractérise la rapidité avec laquelle le poisson croît vers la longueur asymptotique ; et

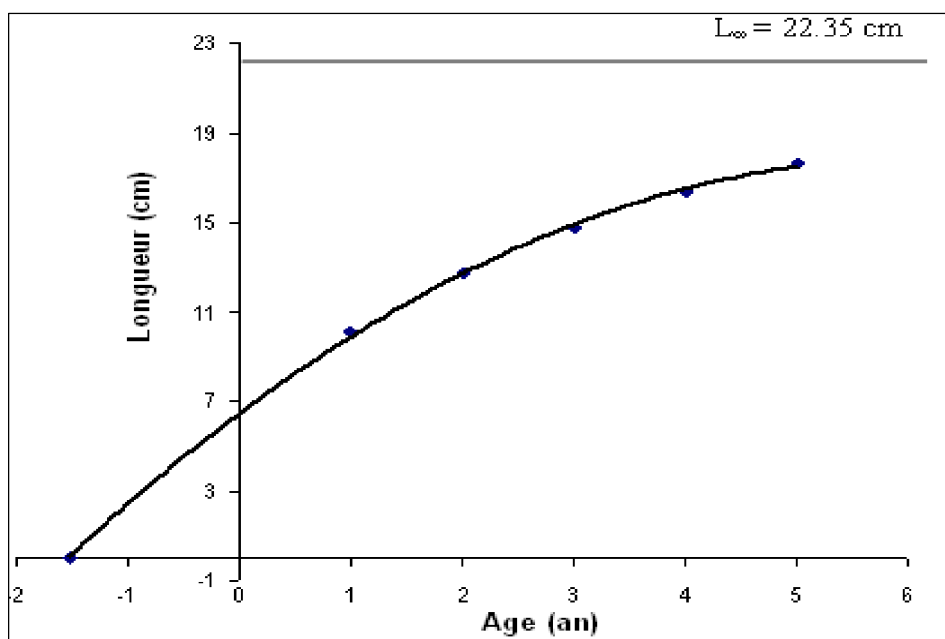
**$t_0$**  : l'âge théorique pour lequel le poisson a une longueur nulle.

### 2.2.2. Résultats et discussion

Le tableau 4 et la figure 8 récapitulent les paramètres de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) calculés à partir de la clé âge longueurs par le FISHPARM (Saila *et al.*, 1988).

**Tableau 4-** Paramètres de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) de la sardine du golfe d'Annaba (FISHPARM, Saila *et al.*, 1988).

Espèce	Paramètres		
	$L_{\infty}$ (cm)	K / an	$t_0$ (an)
<i>S. pilchardus</i>	22.35	0.238	-1.53



**Figure 8-** Courbe de croissance linéaire obtenue par l'équation de von Bertalanffy (1938) de la sardine du golfe d'Annaba.

L'analyse du tableau 5 montre que les résultats des paramètres de la croissance linéaire obtenus se rapprochent de ceux d'autres auteurs surtout pour Brahmi *et al*(1998) dans les côtes algéroises, Bédairia (2007) dans le golfe d'Annaba, Bouchereau (1981) dans les côtes oranaises.

Une divergence avec ceux de Miloudabid et Hidaoui (2009) dans la région de Beni Saf. Ceci peut être causée par les conditions du milieu qui varient d'un secteur à l'autre et notamment la température et la richesse des eaux (Curry et Fontana, 1988 *in* Lahmari et Selama, 2008).

**Tableau 5-** Paramètres de l'équation de von Bertalanffy de *Sardina pilchardus* d'après la littérature en Méditerranée.

Auteur	Zone d'étude	Sexes	$L_{\infty}$ (cm)	K /an	to (an)
<b>Lopez (1963)</b>	Barcelone	♂♀	20.10	0.9	-0.21
<b>Boulva (1975)</b>	Golfe de Lion	♀	20.47	0.31	-1.16
		♂	18.85	0.34	-1.05
<b>Belveze et Rami (1978)</b>	Méditerranée marocaine	♂♀	21.20	0.68	0
<b>Kartas (1981)</b>	Tunisie	♂♀	19.17	0.41	- 0.94
<b>Bouchereau (1981)</b>	Oran	♂	18.88	0.26	-2.49
		♀	21.40	0.21	-2.69
<b>Mouhoub (1986)</b>	Baie de Bou-Ismaïl	♂♀	19.44	0.27	-2.01
<b>Morales-nin et Pertierra (1990)</b>	Nord-ouest de la Méditerranée (Espagne)	♂♀	20.08	0.24	-2.73
<b>Brahmi et al (1998)</b>	Côtes algéroises	♂	18.91	0.46	-0.96
		♀	22.58	0.26	-1.73
<b>Voulgaridou et Stergiou (2003)</b>	Grèce	♂♀	20.80	0.86	0
<b>Bédairia (2007)</b>	Golfe d'Annaba	♂♀	22.56	0.31	0
<b>Idrissi (2008)</b>	Méditerranée marocaine	♂♀	21,3	0.56	-0.67
<b>Miloudabid et Hidaoui (2009)</b>	Beni Saf	♂♀	29.56	0.126	-2.41
<b>Présent travail</b>	Golfe d'Annaba	♂♀	22.35	0.24	-1.53

### 2.3. Croissance relative

La croissance relative permet d'aborder les phénomènes de croissance de différentes parties du corps par rapport à l'ensemble du corps ou entre elles. L'étude de la croissance relative a été préconisée par Huxley (1936) et surtout par Teissier (1948 *in* Mouhoub, 1986).

#### 2.3.1. Matériel et méthodes

L'analyse du tableau 6, nous permet de déterminer les paramètres de la croissance relative entre le poids total ( $W_T$ ) de la sardine et sa longueur totale ( $L_T$ ).

**Tableau 6-** Répartition des poids totaux par classes de tailles de la sardine du golfe d'Annaba.

CC (cm)	Effectifs	W <sub>Tmov</sub> (g)
8.5	2	3.82
9	3	4.25
9.5	4	5.06
10	5	6.72
10.5	10	8.01
11	6	9.37
11.5	5	10.29
12	2	11.83
12.5	2	13.9
13	3	15.87
13.5	9	17.86
14	10	20.31
14.5	18	22.71
15	12	24.68
15.5	15	28.1
16	8	28.94
16.5	5	33.08
17	3	36.35
17.5	4	37.58
18	3	43.4
18.5	1	43.3

Une relation d'allométrie du type  $W = a * L^b$  lie le poids d'un poisson à sa longueur ; dans cette équation:

W : est le poids du poisson ;

L : est sa longueur ;

a : est une constante ; et

b : est le coefficient d'allométrie (coefficient de croissance relative entre le poids et la longueur).

Si **b** est égal à 3 la croissance est isométrique, c'est à dire que la forme du corps et la densité ne varient pas avec l'âge. En revanche si **b** est significativement différent de 3 la croissance est dite allométrique ; dans ce cas les proportions des différentes parties du corps et la densité ne sont pas les mêmes à tous les âges (Ricker, 1980 *in* Sidibé, 2003).

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 ( $P = 3$ ) (Schwartz, 1992 *in* Bouaziz, 2007).

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

$$S^2_{P_0} = \frac{(S_y / S_x)^2 - P^2_0}{n-2}$$

Avec :

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

$S_{p_0}$  = écart-type de la pente calculée ;  $n$  = nombre de couples de valeurs ; et

$S_x$  = écart-type de  $L_T$  ;  $S_y$  = écart-type de  $W_T$  (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

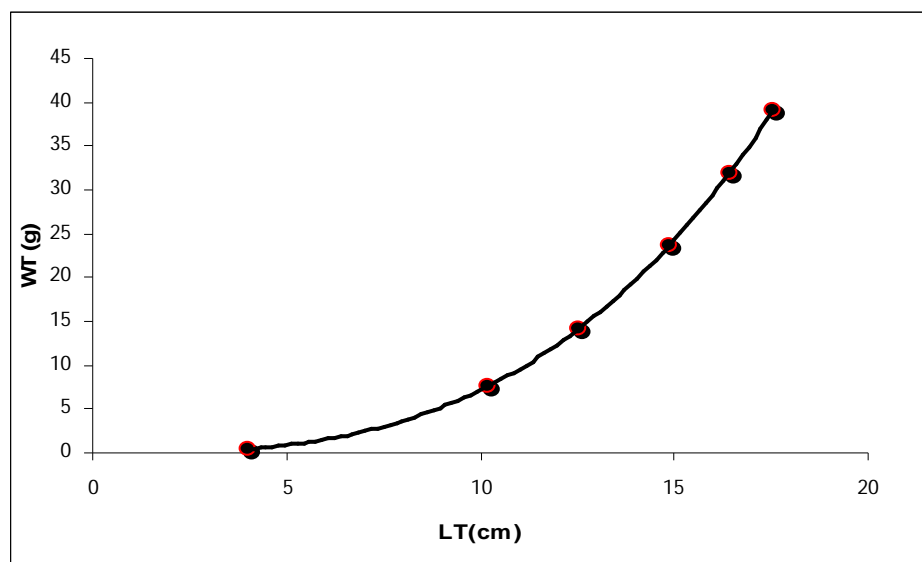
### 2.3.2. Résultats et discussion

Le test de  $t$  basé sur la comparaison de deux pentes, fournit des valeurs inférieures à 1.96 pour  $\alpha = 5\%$  (tableau 7). Ceci permet de conclure que *Sardina pilchardus*, capturée dans le golfe d'Annaba, se caractérise par une isométrie, entre le poids ( $W_T$ ) et la longueur totale ( $L_T$ ) (Figure 9).

**Tableau 7-** Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

	Relation d'allométrie	Effectif	R	t   cal ( $\alpha = 5\%$ )
Sexes confondus	$W_T = 0.00695 \cdot L_T^{3.013}$	130	0.986	0.02

La valeur du coefficient de corrélation ( $R$ ) est très proche de 1, ce qui traduit une forte corrélation positive entre les deux variables.



**Figure 9-** Relation taille-poids de la sardine (*Sardina pilchardus*) du golfe d'Annaba.

L'analyse du tableau 8 montre que nos résultats concordent parfaitement avec ceux signalés par Kartas (1981) et Bédairia (2007), alors que les autres auteurs obtiennent une allométrie de type majorante excepté Mouhoub (1986) qui décrit une relation de type minorante pour les femelles de la sardine de la baie de Bou-Ismaïl.

**Tableau 8-** Valeurs de a et b de la relation taille- poids de *Sardina pilchardus* d'après la littérature en Méditerranée.

Auteur	Region	Sexes	a	b	Type d'allométrie
Kartas (1981)	Tunisie	♂	0.0049	3.056	Isométrie
Bouchereau (1981)	Oran	♀	0.00000161	3.370	Majorante
		♂	0.00000096	3.480	Majorante
Mouhoub (1986)	Bou-Ismaïl	♀	0.08	3.012	Majorante
		♂	0.07	2.959	minorante
Brahmi <i>et al</i> (1998)	Alger	♀	0.00385	3.201	Majorante
		♂	0.00488	3.104	Majorante
Bédairia (2007)	Golfe d' Annaba	♀ ♂	0.00783	2.93	Isométrie
Miloudabid et Hidaoui (2009)	Beni Saf	♀ ♂	0.0045	3.15	Majorante
Present travail	Golfe d' Annaba	♀ ♂	0.00695	3.013	Isométrie

## 2.4. Croissance pondérale

### 2.4.1. Matériel et méthodes

À partir de la relation taille poids et l'équation de la croissance linéaire de von Bertalanffy (1938), il est possible de calculer le poids asymptotique et d'établir l'équation de la croissance pondérale de von Bertalanffy qui s'écrit sous la forme suivante :

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

Avec  $W_T$  est le poids à l'âge  $t$ ,  $W_\infty$  le poids asymptotique correspondant à la longueur  $L_\infty$  et  $b$  l'exposant de la relation taille-poids.

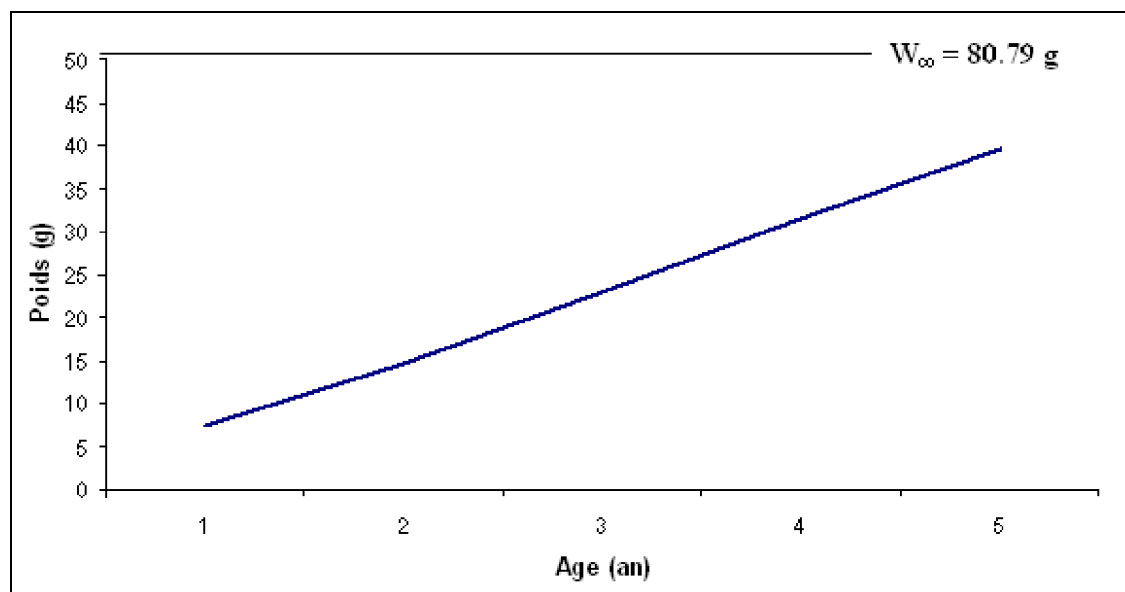
## 2.4.2. Résultats et discussion

La combinaison de l'équation de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) avec la relation taille poids (Tableau 9, Figure 10), nous a permis de déterminer l'équation de la croissance pondérale qui s'écrit comme suit :

$$W_T = 80.79 * (1 - e^{-0.238 * (t+1.53)})^{3.013}$$

**Tableau 9-** Poids moyen (grammes) à divers âges de *S. pilchardus* exploitée dans le golfe d'Annaba.

Age (ans)	W <sub>T</sub> (g)
1	7.40
2	14.72
3	23.08
4	31.54
5	39.50



**Figure 10-** Courbe théorique de croissance pondérale de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba (sexes confondus).

On a également mené une analyse comparative dans différentes régions de la méditerranée (Tableau 10).

L'analyse du tableau (10) montre que le poids asymptotique trouvé dans la présente étude concorde avec ceux signalés par Brahmi *et al* (1998) pour les femelles des côtes algéroise et Bédairia (2007) dans le golfe d'Annaba et divergent avec ceux de Kartas (1981) dans les eaux tunisiennes, et Brahmi *et al* (1998) pour les mâles de la région algéroise et Miloudabid et Hidaoui (2009) pour la sardine de Beni Saf. Ces différences sont dûes sans doute aux paramètres introduits pour le calcul de  $W_{\infty}$ .

**Tableau 10-** Poids asymptotiques ( $W_{\infty}$ ) de *Sardina pilchardus* d'après la littérature dans la Méditerranée.

Auteurs	Zone d'étude	Sexe	$W_{\infty}$ (g)
<b>Kartas (1981)</b>	Tunisie	♀	53.38
		♂	47.79
<b>Brahmi <i>et al.</i> (1998)</b>	Région algéroise	♂	44.65
		♀	82.93
<b>Bédairia (2007)</b>	Golfe d'Annaba	♀ ♂	72.06
<b>Miloudabid et Hidaoui (2009)</b>	Beni Saf	♀ ♂	193.17
<b>Present travail</b>	Golfe d'Annaba	♀ ♂	80.79

### 3. Mortalités

#### 3.1. Introduction

La manière la plus facile de décrire l'évolution de l'effectif d'un stock de poisson consiste souvent à suivre le devenir des poissons éclos à peu près à la même époque, à savoir une cohorte (Sparre et Venema, 1996).

Un stock d'une espèce donnée est dynamique dont les gains (entrées) sont représentés par le recrutement annuel et la croissance alors que les pertes (sorties) sont dûes à la mortalité totale ( $Z$ ) (Bouaziz, 2007).

La mortalité totale ( $Z$ ) d'une cohorte se compose de la mortalité par pêche ( $F$ ) et de la mortalité naturelle ( $M$ ) qui recouvre toutes les autres causes de décès possibles telles que la prédation, la maladie et la mort par vieillesse.

### 3.2. Mortalité totale (Z)

#### 3.2.1. Matériel et méthodes

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer le coefficient de la mortalité totale (Z), supposé constant pendant un certain intervalle d'âge ou d'année.

Parmi les méthodes d'évaluation de la mortalité totale (Z), telles que celles de Jones et van Zalinge (1981), de Beverton et Holt (1956) seule la méthode de Pauly (1984 *in* Gayanilo *et al.*, 2005), basée sur les courbes de captures selon les longueurs, a été retenue du fait qu'elle s'adapte le mieux à l'échantillon de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

La courbe de captures selon les longueurs estime les probabilités de captures. Leurs calculs ne prennent pas en considération les oscillations saisonnières de croissance (FISAT II version 1.2.0 Gayanilo *et al.*, 2005 *in* Bouaziz, 2007).

La courbe de captures selon les longueurs permet de contourner les difficultés associées à l'évaluation des âges car elle repose uniquement sur des distributions de fréquences, ce qui permet d'employer de très vastes échantillons et de ne pas connaître la clé âge longueur (Pauly, 1983 *in* Pauly et Moreau, 1997).

Cette courbe est définie par l'équation qui suit :

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

Où

$N_i$  : est le nombre de survivants à l'âge  $t_i$  ;

$a$  : est une constante correspondant à l'ordonnée à l'origine ;

$b = -Z$  ; et

$\Delta t_i$  : est le temps moyen que prend un poisson, au cours de sa croissance, pour traverser la classe de tailles  $i$ . Il se calcule par :

$$\Delta t_i = \ln \left[ \frac{(L_\infty - L_{i1}) / (L_\infty - L_{i2})}{K} \right]$$

Où

$L_{i1}$  et  $L_{i2}$  sont respectivement les limites inférieure et supérieure de la classe de longueur  $i$ .

### 3.2.2. Résultats et discussion

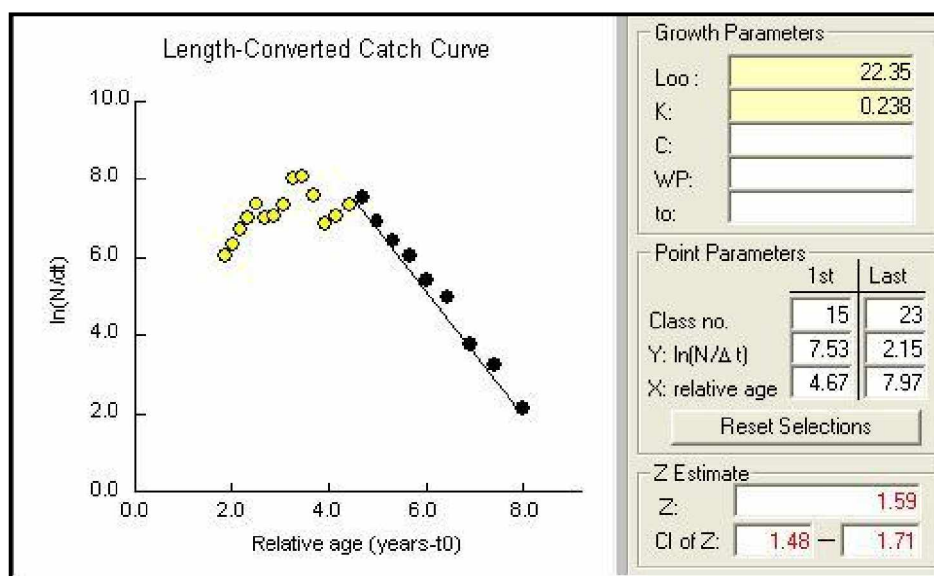
La valeur estimée du coefficient de mortalité totale (Z) est donnée dans le Tableau 11. La figure 11 présente la courbe de capture obtenue pour la sardine du golfe d'Annaba.

Pour ce qui est de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba, le Z retenu correspond à 1.59 an<sup>-1</sup> (Tableau 11, Figure 11). Ce résultat se rapproche le mieux de la réalité du fait que la méthode utilisée contourne les difficultés associées à l'évaluation des âges, qui à leurs tours peuvent affecter le taux de mortalité totale (Z) (Pauly, 1983 in Bouaziz, 2007).

**Tableau 11-** Résultats de la régression des points sélectionnés dans la courbe de captures selon les longueurs de *sardina pilchardus* du golfe d'Annaba (FISAT II Gayanilo *et al.*, 2005).

N	a	b	M <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	R	R <sup>2</sup>
9	14.965	-1.594	6.136	1.122	5.182	1.795	-0.9967	0.9933

N : nombre d'observations ; a = ordonnée à l'origine ; b = pente ; M<sub>x</sub> = moyenne des x ; S<sub>x</sub> = écart type des x ; M<sub>y</sub> = moyenne des y ; S<sub>y</sub> = écart-type des y ; R : coefficient de corrélation ; R<sup>2</sup> : coefficient de détermination.



**Figure 11-** Courbe de capture pour l'estimation de Z de *S. pilchardus* exploitée dans le golfe d'Annaba (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

(● points inclus dans le calcul de la régression ; ● points non inclus).

La comparaison de nos résultats à ceux d'autres auteurs (tableau 12) montre que la valeur de Z diffère d'un auteur à un autre et d'une région à une autre.

Selon Korichi (1988), les variations extrêmes de la mortalité totale Z sont dues soit à la migration de poissons liée aux facteurs du milieu d'environnement, soit aux fluctuations de recrutement qui sont des paramètres difficiles à cerner.

**Tableau 12-** Mortalités totales de *S. pilchardus* estimées par d'autres auteurs dans différentes régions de la Méditerranée.

Auteur	Région	Valeur de Z (an <sup>-1</sup> )
(CGPM, 1981.a)	Alicante	1.8
(CGPM, 1981.b)	Castellon	1.39
(CGPM, 1981.b)	Maroc	0.7
Mouhoub (1986)	Alger	0.71
Bédairia (2007)	Golfe d'Annaba	1.88
Miloudabid et Hidaoui (2009)	Beni Saf	2.12
Present travail	Golfe d'Annaba	1.59

### 3.3. Mortalité naturelle (M) et mortalité par pêche (F)

#### 3.3.1. Matériels et méthode

Chez une population exploitée de poissons, le coefficient de mortalité naturelle (M) est l'un des paramètres le plus difficile à évaluer. Pourtant, une valeur aussi exacte que possible de M est nécessaire pour mettre en oeuvre la plupart des modèles habituels de gestion des stocks (Ricker, 1980 ; Beverton et Holt, 1957 et 1964 ; Moreau, 1980 ; Pauly, 1984b in Pauly et Moreau, 1997).

Pour l'évaluation de la mortalité naturelle, la méthode de Djabali *et al* (1993) a été retenue car ces auteurs ont établi cette équation dans le bassin algérien ce qui semble plus approprié pour notre espèce.

En se basant sur le principe de l'équation de Pauly (1980a), ces auteurs calculent des régressions sur 56 stocks de poissons vivants dans la Méditerranée.

L'équation obtenue est :

$$\text{Log}_{10} M = 0.736 - 0.114 \text{Log}_{10} L_{\infty} + 0.522 \text{Log}_{10} K - 0.583 \text{Log}_{10} T^{\circ} \text{C}$$

T : est la température de surface moyenne annuelle de l'eau où la population a été échantillonnée.

Après avoir calculé les coefficients Z et M, la détermination de la mortalité par pêche (F) se fait à partir de la relation suivante :

$$F = Z - M$$

### 3.3.2. Résultats et discussion

La méthode de Djabali *et al* (1993) nous a permis de déterminer le coefficient instantané de la mortalité naturelle M chez la sardine du golfe d'Annaba, qui est de l'ordre de  $0.36 \text{ an}^{-1}$  à une température de  $21.5^\circ \text{ C}$ .

La même espèce peut présenter des taux de mortalité naturelle différents dans différentes zones selon la densité de prédateurs et de compétiteurs dont l'abondance est au demeurant influencée par les activités de pêche (Sparre et Venema, 1996).

Nous constatons que notre résultat présente une valeur assez proche de celle trouvée par CGPM (1981-b) et Mouhoub (1986) mais reste néanmoins différent de celle trouvée par Bédairia (2007) dans la même zone d'étude. Ceci peut être dûe aux divergences des paramètres utilisés pour sa détermination et la méthode utilisée.

La divergence entre nos résultats et ceux de Miloudabid et Hidaoui (2009) dans la région de Beni Saf, peut être dûe aux paramètres de croissances et la température moyenne qui conditionnent largement la mortalité naturelle d'un stock de poisson (Pauly et Moreau, 1997). Korichi en 1988 parle aussi de la qualité de l'échantillonnage et de la précision de la clé âge longueur.

**Tableau 13-** Mortalités naturelles de *S. pilchardus* estimées par d'autres auteurs dans différentes régions de la Méditerranée.

<b>Auteur</b>	<b>Région</b>	<b>Valeur de M (<math>\text{an}^{-1}</math>)</b>
<b>(CGPM, 1981.b)</b>	Baleares	0.43
<b>(CGPM, 1981.b)</b>	Tunisie	0.47
<b>(CGPM, 1981.b)</b>	Maroc	0.40
<b>Mouhoub (1986)</b>	Alger	0.42
<b>Bédairia (2007)</b>	Golfe d'Annaba	0.80
<b>Miloudabid et Hidaoui (2009)</b>	Beni Saf	0.25
<b>Present travail</b>	Golfe d'Annaba	0.36

La mortalité par pêche F a été estimée à partir des valeurs de Z et M calculées ci-dessus, elle est égale à  $1.234 \text{ an}^{-1}$ .

EXPLOITATION

## **Exploitation**

### **1. Introduction**

L'évaluation des stocks de poissons a pour but de renseigner sur l'exploitation optimale des organismes aquatiques. Les ressources vivantes sont limitées mais renouvelables et l'évaluation des stocks de poisson consiste à rechercher le niveau d'exploitation qui, à terme, permet d'obtenir sur les lieux de pêche un rendement pondéral maximal (Sparre et Venema, 1996).

Selon Cadima (2002), pour évaluer une ressource halieutique il est nécessaire:

- d'avoir accès aux bases de données correctes ;
- de préparer les analyses les plus importantes ;
- de réaliser des prévisions à court et à long terme des captures et des stocks ;
- de déterminer les points de référence biologiques à long terme ; et
- d'estimer les effets à court et à long terme sur les captures et sur les stocks des différentes stratégies d'exploitation des pêches. Deux catégories principales de modèle d'évaluation des stocks de poisson : les modèles holistiques et les modèles analytiques.

En raison de l'imprécision des résultats de l'analyse globale, et ce, suite à l'absence d'une série chronologique raisonnablement longue de capture totale du stock et d'un indice d'abondance du stock pendant cette période de temps nous avons opté pour l'analyse analytique, dont la qualité des résultats est peu contestée. Elle constitue un outil d'évaluation de la biomasse, de l'analyse de population virtuelle (VPA) et du rendement et de la biomasse par recrue (Bouaziz, 2007).

### **2. Matériel et méthodes**

Le programme VIT (Leonart et Salat, 2000) constitue un outil d'évaluation de la biomasse, de la production virtuelle, et du rendement et de la biomasse par recrue.

Les modèles utilisés sont ceux traditionnellement utilisés dans la dynamique des populations et décrits par plusieurs auteurs (Beverton et Holt, 1957 ; Ricker, 1975 ; Laurac et Le Guen, 1981 ; Pitcher et Hart, 1982 ; et Sparre *et al.*, 1989 in Leonart et Salat, 1997).

Le choix s'est porté sur ce logiciel du fait qu'il soit conçu pour la pêche méditerranéenne d'une part et présente l'avantage de fonctionner avec des pseudo cohortes, c'est à dire il exige uniquement la connaissance des captures sur un an au lieu d'une série historique d'une dizaine d'années (Leonart et Salat, 2000).

## 2.1. Analyse de populations virtuelles (VPA)

Le principal avantage de cette méthode est de disposer d'une description historique détaillée de la dynamique de l'espèce étudiée tout en quantifiant les processus de base qui affectent la population en question : recrutement, croissance, mortalité et impact de la pêche. C'est l'une des plus puissantes techniques disponibles actuellement pour l'analyse des pêcheries (Ould Taleb, 2007).

D'après Sparre et Venema (1996), le principe de la méthode consiste à analyser ce que l'on peut observer, la capture, de manière à évaluer la population qui devrait se trouver en mer pour produire cette capture.

L'analyse des populations virtuelles fait partie des modèles analytiques qui, selon Mtimet *et al.*, (1995 in Sidibé 2003), sont les mieux adaptés aux stocks pélagiques méditerranéens. Ce modèle est très utilisé dans les pêcheries nord Atlantiques et est conseillé pour les pays du Sud pour la relative aisance de son utilisation.

Beverton et Holt (1957 in Pauly et Moreau, 1997) ont montré que les captures  $C_i$  opérées sur une population pendant l'unité de temps  $i$  sont égales au produit de l'effectif de cette population au début de la période considérée ( $N_i$ ) par le taux d'exploitation correspondant  $F_i/Z_i$  et par la fraction de la population destinée à mourir pendant la période considérée (généralement 1 an). On a :

$$C_i = N_i ( F_i / Z_i ) * ( 1 - e^{-Z_i} ) \quad (1)$$

Où :

$F_i$  : coefficient instantané de mortalité pendant la période  $i$  ;

$Z_i$  : coefficient instantané de mortalité totale ;  $Z_i = F_i + M$  ; et

$M$  : est le coefficient de mortalité naturelle.

Tout fois la version de l'équation de capture de Beverton et Holt (1957) la plus utilisée pour l'étude des stocks est :

$$N_{i+1} / C_i = F_i / Z_i * ( e^{(Z_i)} - 1 ) \quad (2)$$

La solution doit être trouvée de façon itérative en variant F (c'est-à-dire Z, pour une valeur constante de M).

Cette équation est celle proposée par Gulland (1965 *in* Pauly et Moreau, 1997) pour la reconstruction des populations virtuelles. Elle peut être déduite de l'équation (1) en remplaçant  $N_i$  par :

$$N_i = N_{i+1} * e^{(Z_i)} \quad (3)$$

Une analyse de population virtuelle est une estimation rétroactive de l'effectif des cohortes antérieures. La mortalité terminale affectant la dernière class d'une cohorte étant  $F_{ter}$  et la capture correspondante  $C_{ter}$ , l'effectif de la classe d'âge la plus âgée peut être obtenu par :

$$N_{ter} = C_{ter} * ( Z_{ter} / F_{ter} ) \quad (4)$$

Pour l'adaptation de la méthode pour l'emploi des fréquences de longueurs on généralise l'équation (2) à tout intervalle de temps  $\Delta t$ , ce qui donne :

$$C_i = N_{i+\Delta t_i} * F_i / Z_i * ( e^{(Z_i \Delta t_i)} - 1 ) \quad (5)$$

Cette équation permet de traiter des données de captures selon les longueurs au lieu d'avoir recours aux âges.

Cette méthode est généralement appliquée à des pseudos cohortes, c'est-à-dire que l'on suppose un système à paramètres constants (équilibre) (Sparre et Venema, 1996).

### 2.1.1. Equation de la biomasse

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

$$\overline{Bi} = \overline{Ni} * \overline{Wi}$$

Où :

$\overline{Bi}$  : biomasse moyenne annuelle de la cohorte appartenant à la classe  $i$  ;

$\overline{Ni}$  : nombre moyen annuel de la cohorte de la classe  $i$  ; et

$\overline{Wi}$  : poids moyen de la cohorte de la classe  $i$ .

### 2.1.2. Paramètres requis pour l'application de la VPA

L'application de la VPA nécessite l'introduction des paramètres suivants dans le programme VIT (Lleonart et Salat, 2000) :

- paramètres de croissance de von Bertalanffy ( $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ) ;
- paramètres de la relation taille-poids (a et b) ;
- mortalité naturelle (M) ;
- mortalité par pêche (F terminal) ;
- proportion des individus matures de chaque classe de tailles ;
- l'effectif de captures pour chaque classe de taille calculé à partir de l'effectif total des captures ; et
- la production annuelle (Tableau 14).

**Tableau 14-** Données nécessaires pour le calcul de la VPA par longueur de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba.

C.C (cm)	Nt	% des individus matures (♀♂) (Bédairia, 2007)	
8	35	0	<b>Equation de la croissance linéaire</b> $L_T = 22.35 (1 - e^{-0.238t + 1.53})$
8.5	48	0	
9	73	0	
9.5	101	0	
10	152	4.55	<b>Relation taille poids</b>  $W_T = 0.00695 \cdot L_T^{3.013}$
10.5	112	11.76	
11	123	27.42	
11.5	168	38.21	
12	355	49.56	<b>Les mortalités (an<sup>-1</sup>)</b>  M = 0.356 F = 1.234 Z = 1.59
12.5	385	57.47	
13	245	62.79	
13.5	127	69.11	
14	165	86.27	
14.5	231	89.29	
15	296	93.33	<b>La production annuelle de la sardine du golfe d'Annaba pour l'année 2006 est de : 1685.5 tonnes in (Bédairia, 2007).</b>
15.5	171	96.72	
16	117	98.08	
16.5	87	100	
17	51	100	
17.5	36	100	
18	12	100	
18.5	8	100	
19	3	100	

## 2.2. Modèle de rendement par recrue

Plusieurs modèles analytiques permettant d'évaluer le rendement par recrue, à savoir ceux de Beverton et Holt (1957), Jones (1957) et Ricker (1958).

Le modèle de Beverton et Holt (1957) donne le rendement pondéral par recrue pour une mortalité naturelle  $M$  déterminée, en fonction de la mortalité due à la pêche  $F$  et de l'âge à la première capture  $t_c$  (Daget, 1976).

Selon Leonart et Salat (1997), l'analyse du rendement par recrue,  $Y/R$ , permet une vision plus globale de la population étudiée. 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. La courbe de production par recrue présente fréquemment un maximum : la production maximum équilibrée ( $MSY$  ou  $Y_{max}/R$ ).

Si les conditions d'exploitation d'un stock sont stables, et si celui-ci peut être considéré comme étant en équilibre, on admet que la production annuelle de toutes les cohortes présentes dans la pêcherie est équivalente à la production d'une cohorte pendant son passage dans cette pêcherie, du recrutement à la réforme (Marin, 1987).

Selon Hemida (1987) l'emploi du modèle de Beverton et Holt (1957) est possible à condition que la croissance du stock soit isométrique. L'hypothèse de départ de ce modèle, est que les mortalités gardent une valeur moyenne constante quelque soit l'âge des poissons et qu'il existe une loi de croissance pondérale moyenne valable pour tous les âges.

Le programme VIT (Leonart et Salat, 2000) emploie l'équation ci-dessous qui dérive de l'équation de capture par classe, exprimée en fonction du nombre moyen annuel des individus par classe (Bouaziz, 2007).

$$Y/R = 1/N_i \sum_{i=1}^n C_i \bar{W}_i = 1/N_i \sum_{i=1}^n \bar{N}_i \bar{W}_i F_i$$

$$\bar{N}_i = \int_i^{t_i+1} N dt = \frac{N_i * (1 - e^{-Z_i \Delta t_i})}{Z_i}$$

Avec :

$N_i$  : le nombre moyen des individus de chaque classe  $i$  ;

$W_i$  : le poids moyen de chaque classe  $i$  ; et

$F_i$  : la mortalité par pêche pour chaque classe  $i$  calculées par la VPA.

### 2.3. Biomasse par recrue

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). Les valeurs de Biomasse moyenne par recrues sont liées aux valeurs de rendement par recrue.

Selon Sparre et Venema (1996), la capture en effectifs par année peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$C = F * \bar{N}$$

De la même manière, on peut montrer que la production par an est :

$$Y = F * \bar{B}$$

Où :

$\bar{B}$  : est la biomasse moyenne annuelle se trouvant dans la mer pendant une année. Il s'ensuit que :

$$\bar{B} / R = Y / R * (1/F)$$

D'ou :

$$Y / R = F * (\bar{B} / R)$$

La formule utilisée pour calculer  $\bar{B} / R$  est la suivante :

$$\bar{B}/R = e^{(-M*(Tc-Tr))} * W_{\infty} * \left[ \frac{1}{Z} - \frac{(3S}{Z+K)} + \frac{(3S^2}{Z+2K)} - \frac{(S^3}{Z+3K)} \right]$$

Où :

$$S = e^{-K(Tc - t_0)}$$

K : paramètre de croissance de von Bertalanffy ;

$t_0$  = paramètre de croissance de von Bertalanffy ;

$T_c$  = âge à la première capture ;

$T_r$  = âge au recrutement ;

$W_\infty$  = poids corporel asymptotique ;

M = mortalité naturelle ; et

Z = mortalité totale.

On peut convertir l'indice de biomasse relative  $\bar{B}/R$  en une biomasse absolue par recrue (B / R) par la relation :

$$B/R = \bar{B}/R * W_\infty e^{-M(tr - t_0)}$$

#### 2.4. Calcul du point de référence biologique $F_{0.1}$

Les Points-Cible de Référence Biologique, TRP (en anglais, Target Reference Points) sont des valeurs du niveau de mortalité par pêche (ou de biomasse du stock) qui cherchent une exploitation soutenable à long terme des stocks, avec la meilleure capture possible. C'est pourquoi ces points sont aussi appelés Points de Référence pour la Gestion. On peut caractériser les TRP par le niveau de pêche  $F_{cible}$  (ou de la Biomasse,  $B_{cible}$ ) (Cadima, 2002).

Les Points-Limites de Référence Biologique, LRP (en anglais, Limit Reference Points) sont des valeurs maxima de mortalité par pêche ou des valeurs minima de biomasse qui ne doivent pas être excédées. Dans le cas contraire, on considère que la capacité d'auto-renouvellement du stock est mise en danger (Cadima, 2002).

Gulland et Boerema (1973 *in* Pauly et Moreau, 1997) proposent par prudence un nouveau point de référence cible, il s'agit de  $F_{0.1}$  qui désigne la valeur de F pour laquelle l'accroissement marginal du rendement par recrue et de 10 % de sa valeur pour  $F = 0$ .

### 3. Résultats et discussion

L'étude de l'analyse de la pseudo-cohorte à l'aide du logiciel VIT (Lleonart et Salat, 2000) nous a permis de dégager un certain nombre de résultats relatifs à l'exploitation du *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

#### 3.1. Captures en nombre d'individus et en poids

Le tableau 15 résume les captures subies par le stock de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba en 2006, en nombre et en poids ainsi que, l'âge moyen des captures.

Les captures en nombre et en poids de la sardine débarquée dans le golfe d'Annaba pour l'année 2006 sont illustrées respectivement dans les figures 12 et 13.

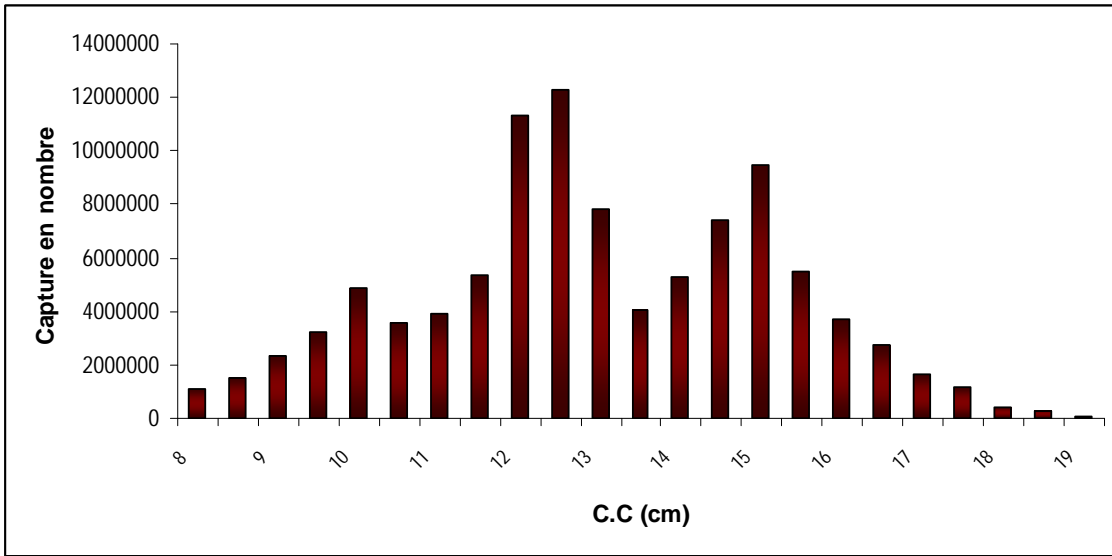
Les données de captures du stock de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba traitées par VPA (VIT, Lleonart et Salat, 2000) laissent apparaître :

- les captures les plus importants en nombres et en poids correspondant aux classes de tailles allant de 12 à 15 cm, avec des valeurs maximales en nombre (12296992 individus) et en poids (229.01 tonnes) pour les tailles respectives de 12.5 et 15 cm.

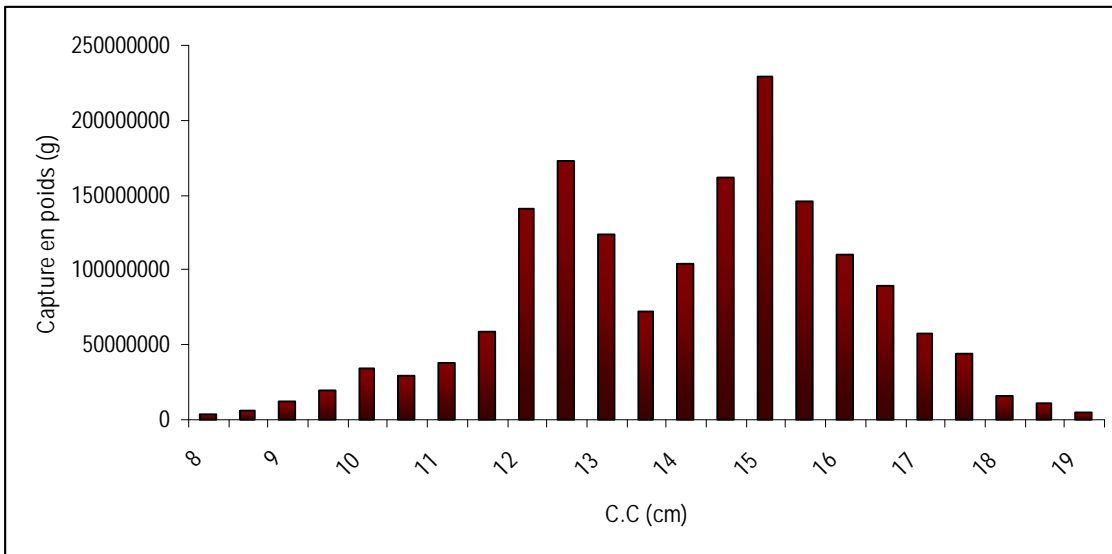
- la taille moyenne et l'âge moyen de capture de *Sardina pilchardus* sont respectivement de 12.9 cm et 2.2 ans notons que la longueur moyenne de capture est supérieur à taille de la première maturité sexuelle obtenue par Bédairia (2007) (11.6 cm) ceci signifie que l'exploitation du stock de la sardine du golfe d'Annaba cible essentiellement les individus matures.

**Tableau 15.** Captures en nombre d'individus et en poids en fonction de la taille de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba (VIT, Leonart et Salat, 2000).

CC (cm)	Capture en nombre	Capture en poids (g)
8	1117908.41	4089552.45
8.5	1533131.54	6731605.66
9	2331637.55	12159860.93
9.5	3225964.28	19797555.41
10	4854916.54	34766797.26
10.5	3577306.92	29675399.33
11	3928649.57	37490019.82
11.5	5365960.38	58532984.35
12	11338785.33	140509479.6
12.5	12296992.54	172266958
13	7825358.89	123415827.7
13.5	4056410.53	71709011.42
14	5270139.66	103917218.2
14.5	7378195.53	161588922.3
15	9454311.15	229009212.3
15.5	5461781.1	146085723.1
16	3737008.12	109969642.7
16.5	2778800.91	89658867.65
17	1628952.26	57496317.35
17.5	1149848.65	44223431.25
18	383282.88	16069336.91
18.5	255521.92	11615613.61
19	95820.72	4720662.72
Total	99046685.38	1685500000
Age moyen (an)	2.2	
Taille moyenne (cm)	12.9	



**Figure 12-** Capture en nombre d'individus en fonction de la taille de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.



**Figure 13-** Capture en poids en fonction de la taille de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

## 3.2. Analyse de la VPA

### 3.2.1. Analyse de la biomasse

La biomasse exploitable du stock de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba est exprimée en nombre et en poids moyen. Les résultats du VIT représentant l'évolution de ce stock sont dressés dans les tableaux 16, 17 et la figure 14.

L'évolution du stock en poids des survivants de la sardine du golfe d'Annaba, augmente graduellement pour atteindre une valeur maximale correspondant à la classe de tailles de 12 cm.

La composition en masse du stock montre que les plus grands individus (de 16.5 à 19 cm) sont les moins représentés en terme de biomasse (Figure 14). La diminution de la gamme des individus de grandes tailles, représentant la gamme des adultes (géniteurs), s'explique en mer par des phénomènes liés à la réforme ou les poissons adultes quittent le stock soit par dissémination, soit par migration vers d'autres lieux (Laurec et Le Guen, 1981).

La biomasse totale moyenne estimée est de 3500.58 t pour les 23 classes de tailles.

Toutefois, nous avons remarqué que la majorité de cette biomasse est comprise entre 10 et 15 cm (Figure 14). La taille critique c'est-à-dire la taille pour laquelle la biomasse est maximale est de 11.75 cm (Tableau 17 et Figure 14). Quand ce stock ne fait pas l'objet d'une exploitation halieutique cette taille est de 14.75 cm. A ces deux dernières tailles correspondent respectivement des âges de 1.6 et 3 ans. La longueur moyenne du stock est de 10.95 cm qui correspond à l'âge 1.39 ans.

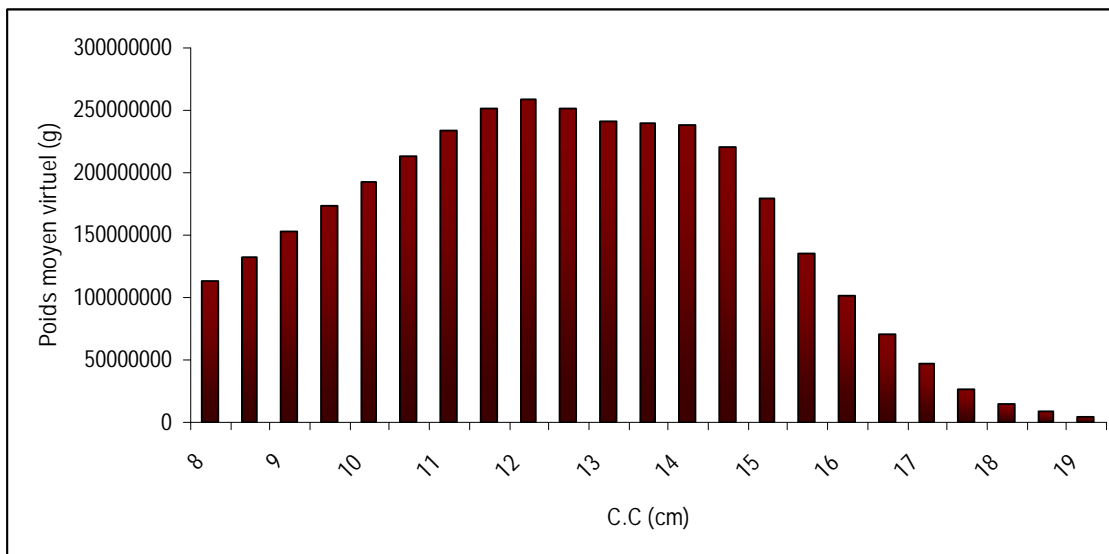
Selon Dardignac (1989) si l'on veut tirer d'un stock une production élevée, il est souhaitable que l'âge moyen des captures ne soit pas trop inférieur à l'âge critique.

Le stock vierge ( $B_0$ ) de la sardine du golfe d'Annaba est estimé à 9972.27 tonnes. Il est considéré comme un point de référence biologique (P.R.B.). Ce stock correspond à la valeur moyenne à long terme de la biomasse estimée en l'absence de mortalité par pêche. Dans les modèles de production,  $B_0$  est aussi connue comme la capacité de pêche (Caddy, 1994 *in* Bouaziz, 2007).

La biomasse du stock se renouvelle avec un taux 83,75% renouvelée chaque année : C'est le Turnover (Tableau 17).

**Tableau 16-** Résultats de la biomasse obtenue par la VPA de la population de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba (VIT, Leonart et Salat, 2000).

C.C (cm)	poids moyen virtuel (g)	nombre moyen d'individus
8	112595345.1	30778742.9
8.5	131923870.3	30045825.06
9	152312980.5	29205816.29
9.5	173153329.6	28214920.69
10	193308019.9	26993982.09
10.5	213399057.7	25724807.2
11	233863293	24506973.56
11.5	251875865.8	23090500.72
12	258863066.9	20889642.14
12.5	251346844	17941979.72
13	241909527.7	15338623.16
13.5	240347481.5	13595893.11
14	238112360.2	12075817.8
14.5	220509642.8	10068532.15
15	179255489.4	7400301.3
15.5	134684988.2	5035536.04
16	101051929.4	3433964.79
16.5	71161683.34	2205516.93
17	46725413.47	1323797.27
17.5	27132976.3	705481.58
18	15029853.86	358489.32
18.5	8193715.87	180246.53
19	3825496.53	77650.5
Biomasse en poids (tonnes)	<b>3500.582231</b>	
biomasse en nombre (individus)	<b>329193040.9</b>	



**Figure 14-** Variation du poids moyen virtuel en fonction de la taille de la population de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

**Tableau 17-** Résultats de la VPA, obtenus par le VIT (Leonart et Salat, 2000) de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

	VPA
Age moyen du stock actuel (ans)	1.391
Age critique du stock actuel (ans)	1.604
Age critique du stock vierge (ans)	3.002
Longueur moyenne du stock (cm)	10.954
Longueur critique du stock actuel (cm)	11.75
Longueur critique du stock vierge (cm)	14.75
Recrutement (en nombre, R)	216311378.23
Biomasse moyenne (Bmoy) (g)	3500582231.24
Biomasse du stock mature (SSB) (g)	1979779376.91
Biomasse à l'équilibre (D) (g)	2931707274.32
Mortalité naturelle/D	42.51
Biomasse du stock vierge (g)	9972273478
Turnover, D/Bmoy	83.75

### 3.2.2. Analyse des mortalités par pêche (F)

Les résultats de l'analyse des mortalités par pêches (F) par classes de tailles, pour le stock exploité de la sardine du golfe d'Annaba sont représentés dans le tableau 18 et la figure 15.

L'analyse du tableau 18 et de la figure 15 montre que les petites classes de tailles sont les moins pêchées. En effet, les mortalités par pêche minimales pour les classes de tailles allant de 8 jusqu'à 11 cm varient respectivement de 0.032 à 0.16 an<sup>-1</sup>. Ce fait nous rassure sur l'état d'exploitation du stock des juvéniles, qui reste à l'abri d'une exploitation dangereuse.

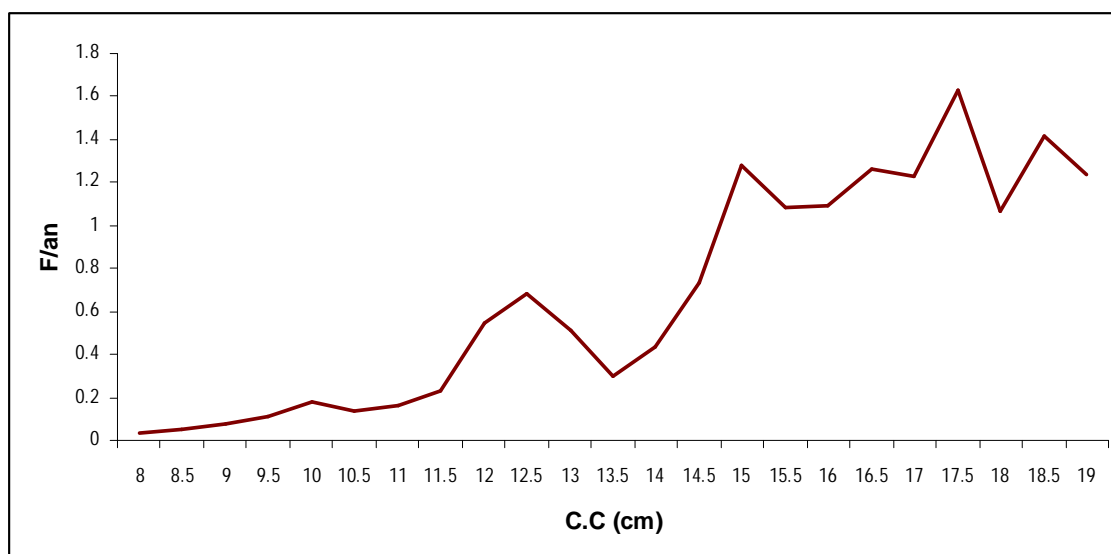
Les mortalités par pêche (F<sub>i</sub>) augmentent avec la taille jusqu'à atteindre une valeur maximale, correspondant à la classe de tailles 17.5 cm avec une mortalité par pêche égale à 1.63 an<sup>-1</sup>. Selon Sparre et Venema (1996), plus la mortalité par pêche est élevée, plus la VPA est fiable.

Les mortalités par pêche présentent une évolution en dents de scie (Figure 15), d'après Sparre et Venema (1996), ces variations peuvent être générées par le comportement du poisson vis-à-vis de l'engin de pêche (notion d'échappement et d'évitement évoquées par Laurec et Le Guen (1981). Cette évolution nous renseigne sur les classes de tailles les plus atteintes par la pêche. Si les juvéniles sont préservées, les adultes représentées par les grandes classes de tailles, subissent une forte exploitation ceci explique la faible abondance en terme de biomasse des grands individus (Tableau 16).

Les valeurs de la mortalité moyenne par pêche, estimée à 0.87 an<sup>-1</sup>, demeure largement supérieure à la valeur globale de la mortalité par pêche (F global) qui est de 0.31 an<sup>-1</sup> (Tableau 18), ceci s'expliquerait par le fait que F global relie la capture annuelle totale au nombre moyen d'individus de la population (Bouaziz, 2007).

**Tableau 18-** Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par la VPA de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba (VIT, Lleonart et Salat, 2000).

C.C (cm)	F/an
8	0.036
8.5	0.051
9	0.08
9.5	0.114
10	0.18
10.5	0.139
11	0.16
11.5	0.232
12	0.543
12.5	0.685
13	0.51
13.5	0.298
14	0.436
14.5	0.733
15	1.278
15.5	1.085
16	1.088
16.5	1.26
17	1.231
17.5	1.63
18	1.069
18.5	1.418
19	1.234
Âge moyen à la capture (an)	2.2
Longueur moyenne à la capture (cm)	12.9
F moyen /an	0.87
F global /an	0.30



**Figure 15-** Mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenues par l’analyse de la VPA, de *S. pilchardus* du golfe d’Annaba.

### 3.3. Biomasse totale équilibrée (D)

Considérons l’ensemble des animaux recrutés, regroupant un nombre limité de classes d’âges. On entend généralement par situation d’équilibre des situations où toutes les cohortes présentes étaient de même effectif à l’âge de recrutement et ont toutes subi le même régime d’exploitation. Dans ce cas, les captures de chaque année sont égales aux captures que permet une cohorte au long de son existence exploitée (Laurec et Le Guen, 1981).

Les résultats de la biomasse et leurs pourcentages sont définies par rapport à la biomasse totale équilibrée (D) qui est égale à 2931.71 tonnes.

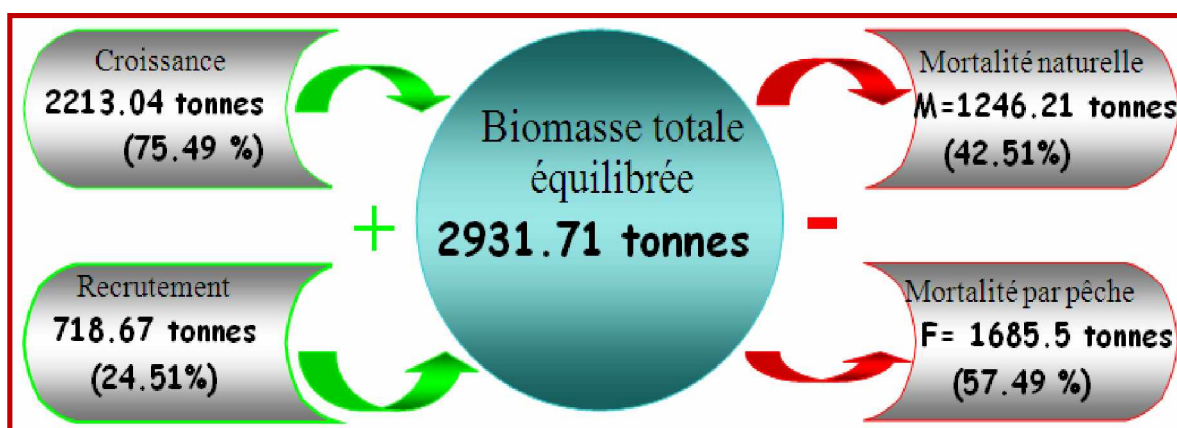
La situation de la biomasse du stock de *S. pilchardus* du golfe d’Annaba en termes de gains et de pertes est résumée dans le tableau 19 et la figure 16.

L’évolution de la biomasse totale équilibrée (D), laisse apparaître que les gains sont dus principalement au taux de croissance élevé qui est de l’ordre de 75.49% (2213.04 tonnes), devant un recrutement R représenté par une biomasse des recrues égale à 718.67 tonnes, soit 24.51 % des gains.

En ce qui concerne les pertes, le taux le plus important est représenté par la mortalité par pêche, avec une biomasse de l’ordre de 1685.5 tonnes (57.49 % des pertes), devant une mortalité naturelle de l’ordre de 42.51 %. Ce taux correspond à une biomasse de l’ordre de 1246.21 tonnes, dû essentiellement au vieillissement, maladie, prédation...etc.

**Tableau 19-** Etat du stock de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba à l'équilibre (VIT, Lleonart et Salat, 2000)

Equation générale de la biomasse	Biomasse (g)	Pourcentage (%)
Recrutement	718671129.44	24.51
Croissance	2213036144.88	75.49
mortalité naturelle	1246207274.32	42.51
Capture total	1685500000	57.49



**Figure 16-** Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

### 3.4. Rendements (productions) et biomasses par recrue

A partir des résultats de l'AVP on peut calculer les rendements et les biomasses par recrue, à fin de mieux comprendre la situation actuelle du point de vue de l'utilisation optimale du recrutement disponible, mais aussi un éventuel régime d'exploitation optimal.

Le tableau 20, présente les variations de la production et de la biomasse par recrue en fonction des changements des différents types de F.

Les rendements par recrue augmentent constamment avec la mortalité par pêche pour tendre vers une valeur maximale qui correspond à  $F_{MSY}$  ( $0.95 \text{ an}^{-1}$ ) et à un Y/R (MSY) (7.794g) avec une biomasse par recrue ( $B_{max}/R$ ) de 16.64 g qui est largement inférieure à celle de la

biomasse par recrue du stock vierge ( $B_0 : 46.101\text{g}$ ). Ensuite, Y/R commence à décroître lentement avec une augmentation du taux de mortalité par pêche. Selon Sparre et Venema (1996), si M est plus faible,  $F_{MSY}$  est plus faible et MSY plus élevé, tandis que les niveaux d'effort de pêche supérieurs à  $F_{MSY}$  entraînent une réduction sévère de la production.

Concernant notre stock actuel, le rendement par recrue présente une valeur de 7.742 g qui correspond à une mortalité par pêche  $F_{act}$  de  $1.23\text{ an}^{-1}$  et une biomasse par recrue de 14.44 g. la courbe du rendement par recrue, indique que Y/R actuel se située à droite du rendement par recrue maximal MSY qui est de l'ordre 7.794 g, ce qui nous permet de dire que le stock de la sardine du golfe d'Annaba est **en état de sur exploitation**.

Pour le point de référence biologique  $F_{0.1}$  qui est de  $0.43\text{ an}^{-1}$ , lui correspond un rendement par recrue  $Y_{0.1}/R$  égale à 7.138 g qui présente une valeur inférieur à celle du stock actuel, alors que la valeur de la biomasse par recrue  $B_{0.1}/R$  (24.51 g) est largement supérieure à  $B_{actuel}/R$  qui est égale à 14.44 g.

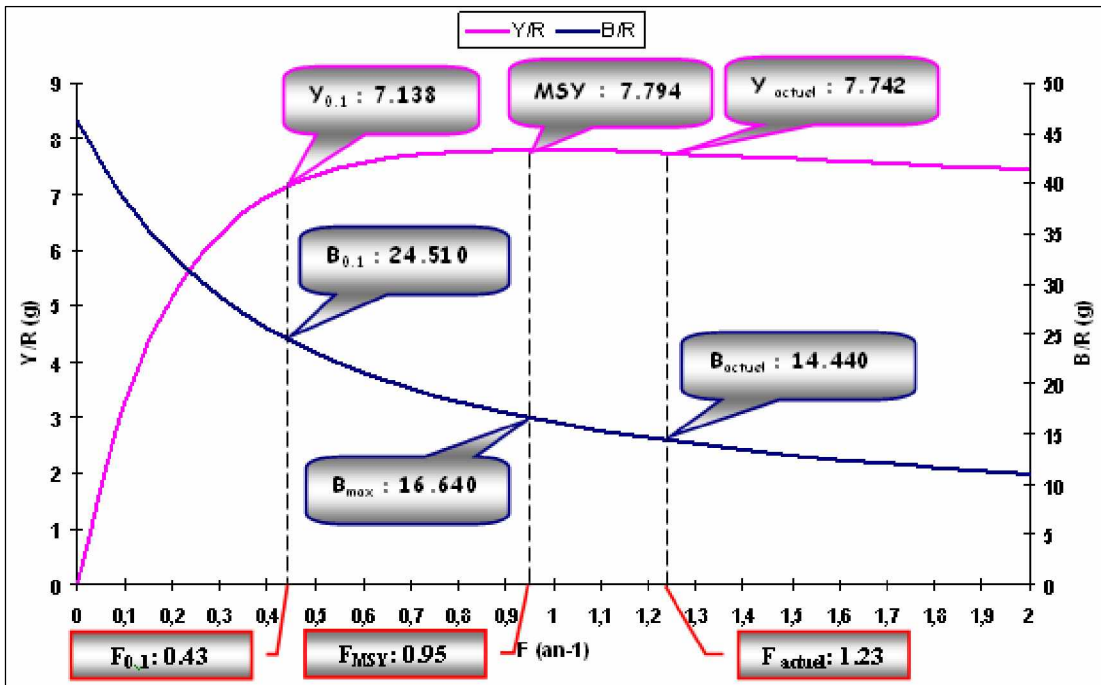
Selon les recommandations de la FAO (1996), la valeur de  $F_{0.1}$  est acceptable comme point cible de gestion du fait qu'elle soit à l'origine d'une exploitation soutenable à long terme des stocks, avec la meilleure capture.

Au terme de ce présent travail, suite aux résultats obtenus, il faudra diminuer le taux de la mortalité par pêche ( $F_{actuel} : 1.23\text{ an}^{-1}$ ) à  $0.43\text{ an}^{-1}$ .

Dans la réalité, les gestionnaires des pêcheries ne s'intéressent pas à un rendement par recrue mais au rendement total du stock exploitable. Pour ce faire, il suffit de multiplier le nombre de recrues, estimé à 216311378.23 (VIT, Lleonart et Salat, 2000) par le  $Y_{0.1}/R$ .

**Tableau 20.** Rendements et biomasses par recrue en fonction de (F) de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

Type de F	F /an	Y/R (g)	B/R (g)
$F_0$	0	0	46.101
$F_{0.1}$	0.43	7.138	24.510
F actuel	1.23	7.742	14.440
$F_{MSY}$	0.95	7.794	16.640



**Figure 17-** Rendements et biomasses par recrue de *Sardina pilchardus* du golfe d'Annaba.

En conclusion, pour avoir le  $Y_{0.1}/R$  correspondant au  $F_{0.1}$ , nous proposons une diminution des prises actuelles (1685.5 tonnes) à 1544.03 tonnes. Il serait très intéressant de souligner que pour passer de  $F_{actual}$  à  $F_{0.1}$  ce qui correspond à un gain de 141 tonnes, il faut diviser l'effort de pêche sur 2.86.

L'application de cette recommandation permettrait à long terme une production maximale soutenable, tout en assurant le renouvellement du stock exploitable de *Sardina pilchardus* dans le golfe d'Annaba.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

## Conclusion générale

L'étude de la dynamique de la population de la sardine du golfe d'Annaba a permis de définir la structure du stock et l'impact de l'augmentation de la flottille sur la production pour ce faire, l'étude de deux aspects s'est imposée.

Le premier, biologique, consiste en la détermination des principaux paramètres essentiels à toute étude halieutique : âge, croissance et mortalités.

Le seconde, a concerné l'étude du niveau d'exploitation du stock de la sardine dans le but d'évaluer la biomasse exploitable et de déterminer le point de référence biologique ( $F_{0.1}$ ).

L'échantillonnage de la sardine (*Sardina pilchardus*), mené au port d'Annaba, entre 2005 et 2006 (Données Bouaziz) sur les débarquements des senneurs a permis de récolter 3101 individus repartis sur 23 classes de tailles, allant de 8 à 19 cm de longueur totale.

L'étude biologique permet de préciser que la sardine échantillonnée se caractérise par :

- une faible longévité (5 ans) et une croissance rapide ( $k=0.24 \text{ an}^{-1}$ ) (caractéristique des petits pélagiques) ;
- une isométrie de croissance entre la taille et le poids du poisson ( $b= 3.013$ ) ; et
- une mortalité totale importante  $Z = 1.59 \text{ an}^{-1}$ .

L'application de l'approche analytique (l'étude de l'exploitation), le VIT (Lleonart et Salat, 2000), vivement recommandé par la FAO pour la pêche méditerranéenne, a été introduit pour évaluer la biomasse exploitable, le rendement par recrue et le  $F_{0.1}$  de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba.

L'analyse de la pseudo-cohorte à partir des données biologiques a permis d'estimer la biomasse moyenne exploitable du stock de *S. pilchardus* du golfe d'Annaba à 3500.58 tonnes. Cette même analyse a permis de montrer que 1979.78 tonnes (56.56 %) appartiennent au stock reproducteur "Spawning Stock Biomass".

La longueur moyenne de capture, estimée à 12.97 cm pour un âge de 2.24 ans, demeure largement supérieure à celle du stock évaluée à 10.95 cm pour un âge de 1.39 ans.

Le rendement (production) par recrue actuel ( $Y/R = 7.742 \text{ g}$ ) est supérieur au seuil de la production maximale équilibrée (MSY ou  $Y_{\max}/R = 7.794 \text{ g}$ ). La valeur de  $Y_{0.1}/R$ , correspondant à  $F_{0.1}$  estimée à  $0.43 \text{ an}^{-1}$ , est de 7.138 g.

En conclusion, et vu les différents résultats obtenus, nous pouvons dire que le stock de la sardine du golfe d'Annaba est en état de sur exploitation.

Compte tenu de l'état actuel du stock et afin de garantir à long terme une exploitation rationnelle et durable de la sardine, nous recommandons vivement de :

- diminuer la production actuelle (1685.5 tonnes) de 8.39 % pour avoir une production maximale durable de (1544.03 tonnes) ;
- déplacer la moitié de l'effort de pêche vers d'autres zones. Cela peut être réalisé par un transfert partiel de l'activité de pêche vers le large. Cette mesure a pour conséquence d'élever le niveau de biomasse, d'améliorer le niveau de recrutement et d'accroître la productivité de la ressource ;
- instaurer une fermeture saisonnière de la pêche dans les zones côtières qui connaissent des concentrations importantes des jeunes sardines pour limiter la pêche des juvéniles.
- une étude complémentaire sur l'ensemble des espèces pélagiques constituant le stock plurispécifique à savoir l'allache, et l'anchois, et cela afin de déterminer le niveau d'exploitation des petits pélagiques dans le golfe d'Annaba ; et
- une approche bioéconomique est très recommandée car le principe du (PRB)  $F_{0.1}$  peut diminuer l'effort de pêche, ce qui va créer des problèmes socioéconomiques.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Références bibliographiques

**Andreu B., Rodriguea-Roda J., and Larrañeta M-G., 1950.** Contribución al estudio de la talla, edad y crecimiento de la sardina (*Sardina pilchardus* Walbaum., 1792.) de las costas españolas de Lovante (Noviembre 1949-Mayo 1950). *Publ. Inst. Biol. Apl. Barc.* (7):p159-189.

**Attoum D., et Bouzid S., 2001.** Contribution à l'étude hydrologique et sédimentologique d'un faciès à Donax dans la plage du Chatte (Golfe d'Annaba). *Mémoire D.E.U.A, université d'Annaba : P4.*

**Bedaira A., et Benchikh N., 2003.** Estimation de la biomasse équilibrée de la sardinelle (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) du golfe d'Annaba. *Mémoire d'ingénieur d'état ISMAL : 69p.*

**Bedaira A., 2007.** Estimation de la biomasse exploitable et de  $F_{0.1}$  de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) du golfe d'Annaba. *Thèse de magister, univ. Badji Mokhtar: 118p.*

**Belveze H., et Rami M., 1978.** Détermination de l'age de la sardine Marocaine (*Sardina pilchardus* Walbaum). *Bull. Inst. Pêches Maritime.* 23:p57-81.

**Ben-Tuvia A., 1959.** Some studies on *Sardina pilchardus* on the coast of Palestine. *Doc-tech,* n° 53.

**Bhattacharya C-G., 1967.** A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics,* (23), p115-135.

**BOUAZIZ A., SEMROUD R., BRAHMI B., Chenitis S., 1998.** Estimation de la croissance de Sardinelle (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) dans la région algéroise par analyse de fréquences de taille. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit* 35 : p 43-49.

**Bouaziz A., 2007.** La sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) des côtes algériennes: distribution, biologie et estimation des biomasses. *Thèse Doctorat. USTHB : 135p.*

**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 3eme cycle, Univ. Aix-Marseille II : 168p.*

**Boulva J., 1975.** Données nouvelles sur la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum., 1792) du golfe du Lion en Méditerranée. *FAO, Rapp. Pêches.* (263), *CGPM 1981, Casablanca : p 73-80.*

**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. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit* 35 : p57-64.

**Cadima E-L., 2002.** Manuel d'évaluation des ressources halieutiques. *FAO Document technique sur les pêches. N° 393. Rome: 160 p.*

- CGPM., 1981.a.** Rapport de la consultation technique sur les méthodologies dans la lecture de l'âge des poissons. (Montpellier, 5.9 octobre 1981) *FPIL/ R 257 :104p.*
- CGPM., 1981.b.** Rapport de la consultation technique sur l'évaluation des stocks dans les divisions statistiques Baléares et golfe de lion. (Casablanca 7-11 décembre) *FPIL/R 263 : 165 p.*
- Cherabi O., 1987.** Contribution à l'étude du pageot: *pagellus erythrinus* (Linne, 1758) et à l'écologie de la famille des sparidés de la baie d'Alger. *Thèse de magister, USTHB:203p.*
- Daget j., 1976.** Dynamique des populations de poissons. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 40(3 et 4) : p 425-437.
- Dardignac J., 1989.** La pêche des juvéniles, ses effets sur la ressource et son renouvellement. *Magazine des ressources vivantes de la mer IFREMER. Equinoxe*, (26) : p 11-18.
- D.G.P., 2002.** Direction générale des pêches. Secteur pêche d'Annaba programme (1999-2003) 35 p.
- Djabali F., Mehailia A., Koudil M., and Brahmi B., 1993.** Empirical equations for the estimation of natural mortality in Mediterranean teleosts. *Naga ICLARM Q.* 16(1): p 35-37.
- Djabri A., 1995.** Mécanisme de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origines (géologique, industriel, agricole et urbain). *Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba : 183 p.*
- Eli A., 2007.** FishBase. En ligne : <http://www.FishBase.net>.
- Fage L., 1920.** Engraulidae, Clupeidae. *Report on the Danish Oceanographical Expeditions 1908 - 1919 to the Mediterranean and adjacent seas, vol. 2, no. 6.140 p.*
- Fischer W., Bauchot M-L., et Schneider M., 1987.** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés. *Rome, FAO, Vol.2: P 1060.*
- 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 magister, université d'Annaba, Algérie : 160p.*
- Frehi H., Cauté A., Mascarell., Perrette G., Ayada M., et Kara M-H., 2007.** Dinophlagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie). *C.R.Biologie, n° 330 Vol.8.*
- Gayanilo 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. No. 8, Version révisée. Rome, FAO : 190 p.*
- Hemida F., 1987.** Contribution à l'étude de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (L. 1758) dans la région d'Alger : Biologie et Exploitation. *Thèse de Magister, USTHB (Alger) : 208p.*

- Idrissi M-H., 2008.** Etude de l'état d'exploitation du stock de la sardine en Méditerranée Marocaine. *INRH Centre Régional de Nador, CGPM, Izmir 22-26 septembre 2008 : 12 p.*
- ISTPM., 1982.** Évolution des ressources halieutique de la marge continentale algérienne. Stocks demerseaux, stocks pélagiques, exploitation au chalut. *Campagne THALASSA, Ichthyos. Joamy : 101p.*
- Kartas F., 1 981.** Les clupéidés de Tunisie. Caractéristiques biométriques et biologiques. Etude comparée des populations de l'Atlantique Est et de la Méditerranée. *Thèse Doctorale, Faculté des Sciences de Tunis : 608 p.*
- Korichi H-S., 1988.** Contribution a l'étude biologique de deux espèces de saurels *Trachurus trachurus* (Linne, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (Stindachner, 1868) et la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) en baie de Bou Ismail (Alger). *Thèse de Magister, ISMAL, Alger: 260 p.*
- Lahmari L., et Selama A., 2008.** Impact de la variation de la mortalité naturelle (M) par âge sur l'estimation de la biomasse exploitable de la Sardinelle (*Sardinella aurita*, Valenciennes 1847) de la région centre de la côte algérienne. *Mémoire d'ingénieur d'état ISMAL : 58p.*
- Laurec A., et Le Guen J-C., 1981.** Dynamique des populations marines exploitées. Tome I. Concepts et modèles. *Rapp. Scient. et tech., Éditions CNEOX, n° 45 : 118p.*
- LCHF., 1976.** Laboratoire central hydraulique de France, ministère des travaux publics et de la construction du port d'Annaba : *195p.*
- Lleonart J., et Salat J., 1997.** **VIT:** software for fishery analysis. User's manuel. En ligne : <http://www.faocopemed.org/es/activ/infodif/vit.htm> [cité en 1997].
- Lleonart J., et 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> [cité en 2000].
- López J., 1963.** Edad de la sardina (*Sardina pilchardus*, Walbaum., 1792) de Barcelona. *Invest. pesq. Bar., 23: p 133-157.*
- Marin J., 1987.** Exploitation, biologie et dynamique du stock de langouste rouge de Corse, *Palinurus elephas fabricius*. *Thèse Doctorat. L'université d'Aix Marseille II : 327 p.*
- Miloud abid A-E., et Hidaoui A-E., 2009.** Estimation de niveau d'exploitation de la sardine *Sardina pilchardus* de la région de Beni Saf. *Mémoire d'ingénieur d'état ESSMAL : 50p.*
- Morales-Nin B., et Pertierra J-P., 1990.** Growth rates of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* in the Northwestern Mediterranean Sea. *Marine Biology 107. International journal on life in oceans and coastal waters, p 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 Magister. USTHB : 163p.*

**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 : p 105-112.*

**O.N.M., 1993-1999.** Office national de météorologie (Station météo aéroport les salines-Annaba. Algérie).

**Ould Taleb Ould Sidi M., 2007.** La pêche artisanale mauritanienne. *Lettre d'information trimestrielle de l'Institut Mauritanien des Recherches Océanographiques et des Pêches. No. 14 avril - juin 2007 : 8 p.*

**Pauly D., et Moreau J., 1997.** Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. *Collection POLYTECH de l'I.N.P. de Toulouse, Cépaduès-Editions, France : 288 p.*

**Saila S-B., Recksiek C-R., et Prager H., 1988.** Basic fishery science programs. A compendium of microcomputer programs and manual of operation. *Elsevier, Dev. Aquacult. Fish. Sci.1, 8 : 231 p.*

**Sidibé A., 2003.** Les ressources halieutiques démersales côtières de la guinée : exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. *Thèse Doctorat (ENSAR), France : 320 p.*

**Sparre P., et Venema S-C., 1996.** Introduction à l'évaluation des stocks des poissons tropicaux. Première partie : Manuel. *FAO Doc. Tech. Sur les Pêches, 306 (1), Rome : 401p.*

**Voulgaridou P., and Stergiou K-I., 2003.** Trends in various biological parameters of the European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the Eastern Mediterranean Sea. *Sci. Mar. 67(1): p269-280.*

**Zeghdoudi E., 2006.** Modélisation bioéconomique des pêcheries méditerranéennes - application aux petits pélagiques de la baie de Bou-Ismaïl - (Algérie). *Diplôme de master (master of science en economía y gestión de la actividad pesquera): p 3-26.*

ANNEXE

**Tableau A-** les fluctuations de la production, biomasse par recrue et de la biomasse de stock mature en fonction des changements de l'effort de pêche.

F (an <sup>-1</sup> )	B/R (g)	Y/R (g)	SSB	F (an <sup>-1</sup> )	B/R (g)	Y/R (g)	SSB (g)
0	46.101	0	37.777	0.5	23.107	7.349	15.501
0.01	45.214	0.406	36.905	0.51	22.891	7.378	15.298
0.02	44.356	0.79	36.064	0.52	22.681	7.406	15.1
0.03	43.527	1.155	35.25	0.53	22.475	7.432	14.906
0.04	42.725	1.502	34.464	0.54	22.273	7.456	14.717
0.05	41.949	1.83	33.704	0.55	22.076	7.479	14.533
0.06	41.199	2.142	32.969	0.56	21.883	7.501	14.352
0.07	40.472	2.437	32.259	0.57	21.694	7.522	14.176
0.08	39.77	2.718	31.572	0.58	21.509	7.541	14.003
0.09	39.089	2.984	30.907	0.59	21.328	7.56	13.834
0.1	38.43	3.236	30.263	0.6	21.15	7.577	13.669
0.11	37.792	3.476	29.64	0.61	20.977	7.594	13.508
0.12	37.174	3.703	29.037	0.62	20.806	7.609	13.35
0.13	36.574	3.918	28.453	0.63	20.64	7.624	13.195
0.15	35.431	4.317	27.34	0.65	20.316	7.65	12.895
0.16	34.885	4.501	26.809	0.66	20.159	7.662	12.75
0.17	34.355	4.676	26.294	0.67	20.005	7.674	12.608
0.18	33.841	4.842	25.795	0.68	19.854	7.684	12.469
0.19	33.343	5	25.311	0.69	19.705	7.694	12.332
0.2	32.859	5.149	24.842	0.7	19.56	7.704	12.198
0.21	32.389	5.291	24.387	0.71	19.417	7.712	12.067
0.22	31.933	5.426	23.945	0.72	19.277	7.72	11.939
0.23	31.49	5.553	23.517	0.73	19.139	7.728	11.813
0.24	31.059	5.675	23.101	0.74	19.004	7.735	11.689
0.25	30.641	5.79	22.697	0.75	18.872	7.742	11.568
0.26	30.234	5.899	22.304	0.76	18.741	7.748	11.449
0.27	29.839	6.003	21.923	0.77	18.613	7.753	11.333
0.28	29.455	6.101	21.553	0.78	18.487	7.758	11.218
0.29	29.081	6.194	21.193	0.79	18.364	7.763	11.106
0.3	28.717	6.283	20.843	0.8	18.242	7.767	10.996
0.31	28.363	6.367	20.503	0.81	18.123	7.771	10.887
0.32	28.018	6.447	20.172	0.82	18.005	7.775	10.781
0.33	27.683	6.523	19.851	0.83	17.89	7.778	10.677
0.34	27.356	6.594	19.538	0.84	17.776	7.781	10.574
0.36	26.727	6.727	18.937	0.86	17.555	7.786	10.375
0.37	26.425	6.789	18.648	0.87	17.447	7.788	10.278
0.38	26.131	6.847	18.367	0.88	17.34	7.789	10.182
0.39	25.844	6.902	18.093	0.89	17.235	7.791	10.088
0.4	25.564	6.954	17.827	0.9	17.132	7.792	9.996
0.41	25.29	7.004	17.567	0.91	17.031	7.793	9.905
0.42	25.024	7.051	17.313	0.92	16.931	7.794	9.816
0.43	24.764	7.096	17.067	0.93	16.832	7.794	9.728
0.44	24.51	7.138	16.826	0.94	16.735	7.794	9.642
0.45	24.262	7.178	16.591	0.95	16.64	7.794	9.557
0.46	24.02	7.216	16.362	0.96	16.546	7.794	9.473
0.47	23.784	7.252	16.139	0.97	16.453	7.794	9.391
0.48	23.553	7.286	15.921	0.98	16.362	7.793	9.31
0.49	23.327	7.319	15.708	0.99	16.272	7.793	9.231

1	16.183	7.792	9.152	1.5	12.917	7.645	6.359
1.01	16.096	7.791	9.075	1.51	12.869	7.641	6.319
1.02	16.009	7.79	8.999	1.52	12.821	7.638	6.28
1.03	15.924	7.789	8.925	1.53	12.773	7.634	6.241
1.04	15.84	7.787	8.851	1.54	12.726	7.63	6.202
1.05	15.758	7.786	8.778	1.55	12.679	7.626	6.164
1.06	15.676	7.784	8.707	1.56	12.633	7.622	6.126
1.07	15.596	7.782	8.637	1.57	12.587	7.618	6.088
1.08	15.516	7.781	8.567	1.58	12.542	7.614	6.051
1.09	15.438	7.779	8.499	1.59	12.497	7.61	6.015
1.1	15.361	7.776	8.432	1.6	12.452	7.606	5.979
1.11	15.284	7.774	8.365	1.61	12.408	7.602	5.943
1.12	15.209	7.772	8.3	1.62	12.364	7.598	5.907
1.13	15.135	7.77	8.235	1.63	12.321	7.594	5.872
1.14	15.061	7.767	8.172	1.64	12.278	7.59	5.837
1.15	14.989	7.765	8.109	1.65	12.235	7.586	5.803
1.16	14.917	7.762	8.047	1.66	12.193	7.582	5.769
1.17	14.846	7.759	7.986	1.67	12.151	7.578	5.735
1.18	14.777	7.757	7.926	1.68	12.11	7.574	5.702
1.19	14.708	7.754	7.867	1.69	12.069	7.57	5.669
1.2	14.639	7.751	7.809	1.7	12.028	7.565	5.636
1.21	14.572	7.748	7.751	1.71	11.988	7.561	5.604
1.22	14.506	7.745	7.694	1.72	11.948	7.557	5.572
1.23	14.44	7.742	7.638	1.73	11.908	7.553	5.54
1.24	14.375	7.739	7.582	1.74	11.869	7.549	5.509
1.25	14.311	7.736	7.528	1.75	11.83	7.545	5.478
1.26	14.248	7.733	7.474	1.76	11.791	7.541	5.447
1.27	14.185	7.729	7.42	1.77	11.753	7.537	5.416
1.28	14.123	7.726	7.368	1.78	11.715	7.533	5.386
1.29	14.062	7.723	7.316	1.79	11.677	7.529	5.356
1.3	14.001	7.719	7.264	1.8	11.639	7.525	5.326
1.31	13.941	7.716	7.214	1.81	11.602	7.521	5.297
1.32	13.882	7.712	7.164	1.82	11.566	7.517	5.268
1.33	13.823	7.709	7.114	1.83	11.529	7.513	5.239
1.34	13.765	7.705	7.065	1.84	11.493	7.509	5.211
1.35	13.708	7.702	7.017	1.85	11.457	7.505	5.182
1.36	13.651	7.698	6.97	1.86	11.421	7.501	5.154
1.37	13.595	7.695	6.923	1.87	11.386	7.497	5.127
1.38	13.54	7.691	6.876	1.88	11.351	7.493	5.099
1.39	13.485	7.687	6.83	1.89	11.316	7.489	5.072
1.4	13.431	7.684	6.785	1.9	11.282	7.485	5.045
1.41	13.377	7.68	6.74	1.91	11.248	7.481	5.018
1.42	13.324	7.676	6.696	1.92	11.214	7.477	4.992
1.43	13.271	7.672	6.652	1.93	11.18	7.473	4.966
1.44	13.219	7.668	6.609	1.94	11.146	7.469	4.94
1.45	13.168	7.665	6.566	1.95	11.113	7.465	4.914
1.46	13.116	7.661	6.524	1.96	11.08	7.461	4.888
1.47	13.066	7.657	6.482	1.97	11.048	7.457	4.863
1.48	13.016	7.653	6.44	1.98	11.015	7.453	4.838
1.49	12.966	7.649	6.4	1.99	10.983	7.449	4.813
				2	10.951	7.445	4.788