

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 تهيئة الساحل

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



Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences de
la Mer

Thème :

**Impact de la variation du taux de mortalité (Z) sur
l'estimation de la biomasse exploitable de *Sardina
pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région Est de la
côte Algérienne**

Présenté par :

MEDBOU ahmed

Soutenu le 20/10/2012 devant le jury suivant :

Dr. RABEHI. N	Maître de conférences B	ENSSMAL	présidente
Dr. REFES. W	Maître de conférences B	ENSSMAL	Examineur
Dr. KACHER. M	Maître de conférences A	ENSSMAL	Examineur
Dr. BOUAZIZ. A	Maître de conférences A	Université d'Alger	Promoteur

Promotion : 2011/2012

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I : Généralité	
1. Présentation de la zone d'étude	3
2. Présentation de l'espèce <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	3
2.1. Position systématique	4
2.2. Caractères distinctifs	4
2.3. Répartition géographique et bathymétrique (Figure.3)	5
2.4. Habitat	6
2.5. Alimentation	6
2.6. Ecologie de la sardine.....	6
Chapitre II : Estimation de quelque paramètre biologique	
1. Etude de l'Age.....	7
1.1. Matériel et méthode.....	7
1.2. Résultats et discussion.....	9
2. Etude de la croissance.....	12
2.1. Croissance linéaire.....	12
2.1.1. Matériel et méthodes.....	12
2.1.2. Résultats et discussion.....	13
2.1.2.1. Croissance linéaire.....	13
2.1.2.1.1. FISAT II (Gayanilo et al, 2005).....	13
2.1.2.1.2. NEW VONBIT (Stamatopoulos et Caddy, 2012).....	14
2.1.2.1.3. ELEFIN I (FISAT II 1.2.0, Gayanilo et al, 2005).....	15
2.1.2.1.4. FISHPARM (1988).....	16
2.1.2.2. Relation taille-poids.....	18
3. Mortalité.....	19
3.1. Matériel et méthodes.....	19

3.1.1. Mortalité totale(Z).....	19
3.1.2. Mortalité naturelle (M).....	20
3.1.3. Mortalité par pêche.....	20
3.2. Résultats.....	21
3.2.1. Mortalité totale(Z).....	21
3.2.2. Mortalité naturelle (M) et Mortalité par pêche (F).....	24
3.3. Discussion et conclusion.....	25
 Chapitre III : Exploitation	
Introduction.....	26
1. Matériel et méthodes.....	26
1.1. Analyse de populations virtuelles (VPA).....	27
1.1.1. Equation de la biomasse.....	28
1.1.2. Paramètres requis pour l'application de la VPA.....	29
1.2. Modèle de rendement par recrue.....	30
1.3. Modèle de biomasse par recrue.....	31
1.4. Calcul du point de référence biologique.....	33
2. Résultats et discussion.....	34
2.1. Captures en nombre d'individus et en poids.....	34
2.2. Analyse de la VPA.....	37
2.2.1. Analyse de la biomasse.....	37
2.2.2. Analyse des mortalités par pêche (F).....	39
1.1. Biomasse totale équilibrée (D).....	41
1.2. Rendements (reproductions) et biomasses par recrue.....	42
3. Impact de la variation de la mortalité totale sur la biomasse du stock.....	45
Conclusion générale.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1. Distribution des fréquences de tailles de la sardine <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte Algérienne (sexes confondus) (Bouaziz et al, 2012).....	7
Tableau 2. Les cohortes de la population de la sardine de la région Est de la côte Algérienne obtenues par la méthode de Bhattacharya (1967 in FISAT II 1.2.0, Gayanilo et al, 2005).....	9
Tableau 3. Clé âge longueur de sardina pilchardus obtenues par différents auteurs dans la méditerranée.....	11
Tableau 4. Paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) de <i>S. pilchardus</i> de la région Est de la côte Algérienne par le FISAT II.....	13
Tableau 5. Paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) de <i>S. pilchardus</i> de la région Est de la côte Algérienne par le NEW VONBIT.....	14
Tableau 6. Paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) de <i>S. pilchardus</i> de la région Est de la côte Algérienne par l'ELEFAN I.....	15
Tableau 7. Paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) de <i>S. pilchardus</i> de la région Est de la côte Algérienne par le FISHPARM.....	16
Tableau 8. Paramètres de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) de <i>Sardina pilchardus</i> d'après la littérature en Méditerrané.....	17
Tableau 9. Coefficient de la mortalité totale (Z) pour <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) obtenue pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0	21
Tableau 10. Les courbes des captures pour l'estimation de z de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne à différents programmes par le FISAT II (version 1.2.0) (Gayanilo et al, 2005).....	22
Tableau 11. Les valeurs de la mortalité naturelle M (an) pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 par le FISAT II 1.2.0 (Gayanilo et al, 2005).....	24
Tableau 12. Les valeurs de la mortalité par pêche (F) (an) pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 Utilisées.....	24
Tableau 13. Mortalités naturelle et totale de <i>Sardina pilchardus</i> dans différentes régions.....	25
Tableau 14. Données nécessaires pour le calcul de la VPA par longueur de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne, pour différents programmes.....	30

Tableau 15. Le rendement par recrue (Y/R) pour les différents programmes concernant la situation actuelle et le maximum.....	34
Tableau 16. Captures en nombre d'individus et en poids en fonction de la taille de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne (VIT, LLeonart et Salat, 2000).....	35
Tableau 17. Résultat de la biomasse obtenue par la VPA de la population de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne. (VIT, LLeonart et Salat, 2000).....	38
Tableau 18. Résultat de la VPA obtenue par le VIT (LLeonart et Salat, 2000) de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la cote Algérienne.....	39
Tableau 19. Mortalité par pêche en fonction de la taille obtenue par la VPA de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne. (VIT, LLeonart et Salat, 2000).....	40
Tableau 20. Etat du stock de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne à l'équilibre (VIT, LLeonart et Salat, 2000).....	42
Tableau 21. Rendement et biomasse par recrue en fonction de (F) de la sardine de la région Est de la côte algérienne.....	44
Tableau 22. Variation de la mortalité totale sur la biomasse du stock de la sardine de la région Est de la côte algérienne.....	45

Liste des figures

Figure 1. Présentation de la zone d'étude (Bouaziz, 2012).....	3
Figure2. <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)(donnée personnelle).....	5
Figure 3.Répartition géographique <i>Sardina pilchardus</i> d'après Reyes, (in Fish base, 2008).....	6
Figure 4. Distribution des fréquences de tailles de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte Algérienne (sexes confondus) (Bouaziz et al, 2012)	8
Figure5. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte Algérienne en cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967 in FISAT II 1.2.0, 2005).....	10
Figure 6. Courbe de croissance linéaire de la sardine <i>S. pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne par le FISAT II (2005).....	13
Figure 7. Courbe de croissance linéaire de la sardine <i>S. pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne par le NEW VONBIT (Stamatopoulos et Caddy, 2012).....	14
Figure 8.Capture en nombre d'individus en fonction de la taille de <i>S. pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne.....	36
Figure 9. Capture en poids en fonction de la taille de <i>S. Pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne.....	36
Figure 10. Variation du poids moyen virtuelle en fonction de la taille de la population de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la cote Algérienne.....	38
Figure11. Mortalité par pêche en fonction de la taille, obtenue par la VPA, de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne.....	41
Figure12. Représentation entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de <i>Sardina pilchardus</i> de la région Est de la côte algérienne.....	42
Figure13. Rendement et biomasse par recrue de la sardine de la région Est de la côte algérienne.....	44

Introduction

Le développement des techniques de pêche est devenue plus efficace, il facilite le travail des pêcheurs, mais peut réduire l'abondance du poisson voire sa disparition à long terme. L'usage désordonné de la ressource halieutique, est un facteur de risque aussi bien écologique qu'économique.

La gestion des pêcheries est pour servir à obtenir le maximal de quantité possible d'une manière soutenable dans le temps. Une bonne gestion permet d'obtenir le maximum de revenue à long terme, car elle permet de réduire les dépenses inutiles et limiter les investissements à l'optimum de rentabilité.

La famille des Clupéidés est abondamment représentée sur nos côtes, ce qui la rend intéressante sur le plan économique. Ceci explique le choix de notre espèce : La sardine qui est l'une des principales espèces de cette famille. Elle est pêchée par les senneurs et les chalutiers avec d'autres poissons pélagiques tels que l'allache, l'anchois, le chinchard et la bogue.

La large distribution de la sardine à travers la Méditerranée a incité plusieurs auteurs à étudier sa biologie, son écologie et son état d'exploitation. Parmi ces auteurs citons ; **Fage (1920)** (côtes algéroises) ; **Andreu et al (1950)** (Castellon) ; **Mozzi et Duo (1959)** (Italie) ; **Mouhoub (1986)** (Baie de Bou-Ismaïl) ; **Brahmi et al (1998)** (côtes algéroises) ; **Miloud Abid et Hidaoui (2009)** (Béni-Saf) ; **Boukedjouta et Zeghloul (2009)** (Golfe d' Annaba) et **Bouaziz et al (2012)** dans la région Est de l'Algérie.

Ce présent travail porte sur l'impact de l'estimation de la mortalité totale (Z) sur la biomasse exploité de *sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne, de **Bejaia** ($36^{\circ} 45' N$, $5^{\circ} 6' E$) jusqu'à **El Kala** ($36^{\circ} 54' N$, $8^{\circ} 27' E$), son objectif essentiel est de voir l'impact de la variation des paramètre biologique ainsi que la mortalité totale (Z) sur l'estimation du niveau d'exploitation du stock, en se basant sur l'analyse de population virtuelle à l'aide d'un logiciel appelé VIT (**LIéonart et Salat, 2000**).

Ainsi la présente étude s'articule autour de 03 chapitres :

- Le premier chapitre est relatif à la présentation de la zone d'étude ainsi que l'espèce étudiée ;
- Le deuxième chapitre concerne l'estimation des paramètres biologiques, à savoir l'âge, la croissance et les mortalités ;

- le troisième chapitre est consacré à l'étude du niveau d'exploitation, de la biomasse et du $F_{0.1}$, et l'impact de la mortalité totale sur la biomasse exploitable de la sardine.

1. Présentation de la zone d'étude

L'Algérie dispose d'un littoral d'environ de 1280 km, de la frontière Algéro-marocaine à l'Ouest, à la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est. Elle comporte 14 wilayas maritimes.

Notre zone d'étude s'est portée sur les wilayas de la région Est de la côte Algérienne de **Bejaia** (36° 45' N, 5°6' E) jusqu'à **El Kala** (36° 54' N, 8° 27' E), comme le montre la carte ci-après. (Figure 1) :



Figure 1 : Présentation de la zone d'étude (Bouaziz, 2012).

2. Présentation de l'espèce

La systématique des Clupéidés est long temps demeurée confuse. Parmi eux, la sardine, considérée d'abord par les uns comme « un petit hareng » est confondu en suite par les autres avec le sprat.

En 1792, Walbaum sépare clairement la sardine du sprat et lui attribue son nom d'espèce, *pilchardus*. Cette distinction n'est pas admise par les naturalistes qui lui succèdent puis que La Cèpede continue à nommer la sardine *Clupea sprattus*.

Quelques années plus tard, en 1826, **Risso** examine des exemplaires méditerranéens. Il note des différences morphologiques suffisantes pour faire de la sardine méditerranéenne une espèce particulière : *Clupanodon sardina*.

Cuvier, dans le «Règne animal», reprend le nom d'espèce de Walbaum. Il lui a attribuée «Pilchard des Anglais» ou au «Celan de nos côtes». Il s'agit, en réalité, de sardines de grande taille. Il fait de la sardine de taille moyenne une espèce différente à laquelle il donne le nom de sardina emprunté à **Risso**. Pour cet auteur, la sardine et le Celan appartiennent tous les deux au genre *Clupea* (**Lee, 1961**).

2.1. Position systématique

D'après la classification phylogénétique des Ostéichthyens (**Lecointre et Le Guyader, 2001**) la taxonomie de la sardine est :

Règne : Eucaryota

Sous-Règne : Metazoa

Phylum : Chordata

Sous-Phylum : Craniata

Embranchement : Vertébrata

Super classe : Gnathostoma

Classe : Ostéichthyes

Sous-classe : Actinoptérygii

Super ordre : Téléostéi

Ordre : Clupéiformes

Famille : Clupéidae

Genre : *Sardina*

Espèce : *pilchardus* (**Walbaum, 1792**)

Noms vernaculaires :

Nom local: Sardin

France: Sardine commune

Anglais: European sardine, Pilchard (grosse), Sardine (petite)

Espagnol: Sardina europea, Sardina

Italien: Sardina

2.2. Caractères distinctifs

Corps élancé, de section ovale; une série de scutelles sur le profil ventral, mais ne formant pas de carène très aigüe. Mâchoires subgales; partie inférieure de l'opercule avec 3-5 stries rayonnantes très marquées; bord postérieur de la fente operculaire sans excroissances charnues; 44-106(44-68 en Méditerranée) branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial. Origine de la nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps; anale très en arrière de la dorsale, les 2 derniers rayons nettement plus longs que les autres; pelviennes à 8 rayons, insérés sous la base de la dorsale.

Coloration: dos vert ou olive; flancs dorés devenant blanc argenté sur le ventre; une série de taches sombres sur le haut des flancs, avec parfois une deuxième ou même une troisième rangée au-dessous. Sa taille moyenne est de 10-20cm avec une taille maximale de 25cm (**Fischer et al, 1987**) (Figure 2).



Figure 2. *Sardina pilchardus* (**Walbaum, 1792**)(donnée personnelle).

2.3. Répartition géographique et bathymétrique

L'espèce *Sardina pilchardus* est très commune dans le bassin méditerranéen occidental et dans l'Adriatique, par contre elle est très rare dans le bassin méditerranéen oriental (**Mouhoub, 1986**). La sardine commune évolue en Atlantique Nord-Est, de la Norvège à l'Ecosse jusqu'au Sénégal. (Figure3).

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

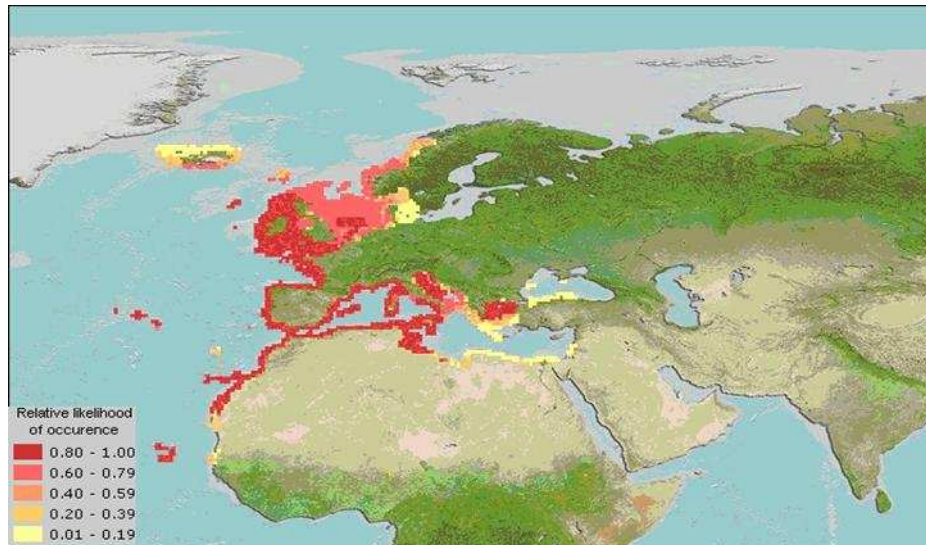


Figure 3. Répartition géographique de *Sardina pilchardus* d'après Reyes, (in Fish base, 2008).

2.4. Habitat

La sardine est un poisson pélagique vivant dans les eaux côtières et jusqu'à 120m de profondeur. La sardine vit en bancs par fois importants, près de la surface la nuit et plus en profondeur le jour (Dumay, 2006).

2.5. Alimentation

La sardine est une espèce planctophage. Les jeunes se nourrissent de phytoplancton ainsi que d'œufs et de larves de petits Crustacés. Les adultes consomment sur tous des Crustacés planctoniques (Copépodes), mais également différentes larves présentes dans le zooplancton (crabes, ophiures,...) (Dumay, 2006).

2.6. Ecologie de la sardine

La sardine est un poisson pélagique et migrateur. L'ampleur des migrations paraît être plus grande en Atlantique, où elles sont déterminées par les conditions hydrologique (température, salinité) combinées à des facteurs physiologiques périodiques (migration strophiques et de reproduction de la côte vers le large ou vice-versa), ou bien reliées à l'âge de l'individu (migration du Sud vers le Nord) (Furnestin, 1945).

1. Etude de l'Age

Introduction

La connaissance de l'âge des individus constituant une population est nécessaire pour l'analyse des variations temporelles en structure et en abondance. Ceci est particulièrement important lorsque l'on s'intéresse à la dynamique des populations exploitées et à la gestion des ressources dans les pêcheries. Comme sur les écailles, vertèbres, rayons épineux des nageoires,..., l'existence de marques saisonnières sur les otolithes des poissons d'eaux tempérées est connue et est utilisée couramment depuis la fin du 19ème siècle en tant qu'indicateur de l'âge des poissons (Kacher, 2004).

1.1. Matériel et méthode

L'échantillonnage s'est fait aléatoirement au niveau des différents ports de notre zone d'étude (Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba, El Kala). 3512 sardines sexes confondus, ont été échantillonnées d'une manière stratifiée. Tous ces individus sont regroupés en classe de taille avec un pas de 1cm (tableau 1, figure 4).

Tableau 1. Distribution des fréquences-tailles de *Sardina pilchardus* du secteur Est de l'Algérie (sexes confondus) (Bouaziz *et al*, 2012).

Centre de classe	N (effectifs)
6,5	96
7,5	103
8,5	184
9,5	274
10,5	301
11,5	750
12,5	382
13,5	404
14,5	677
15,5	214
16,5	97
17,5	30

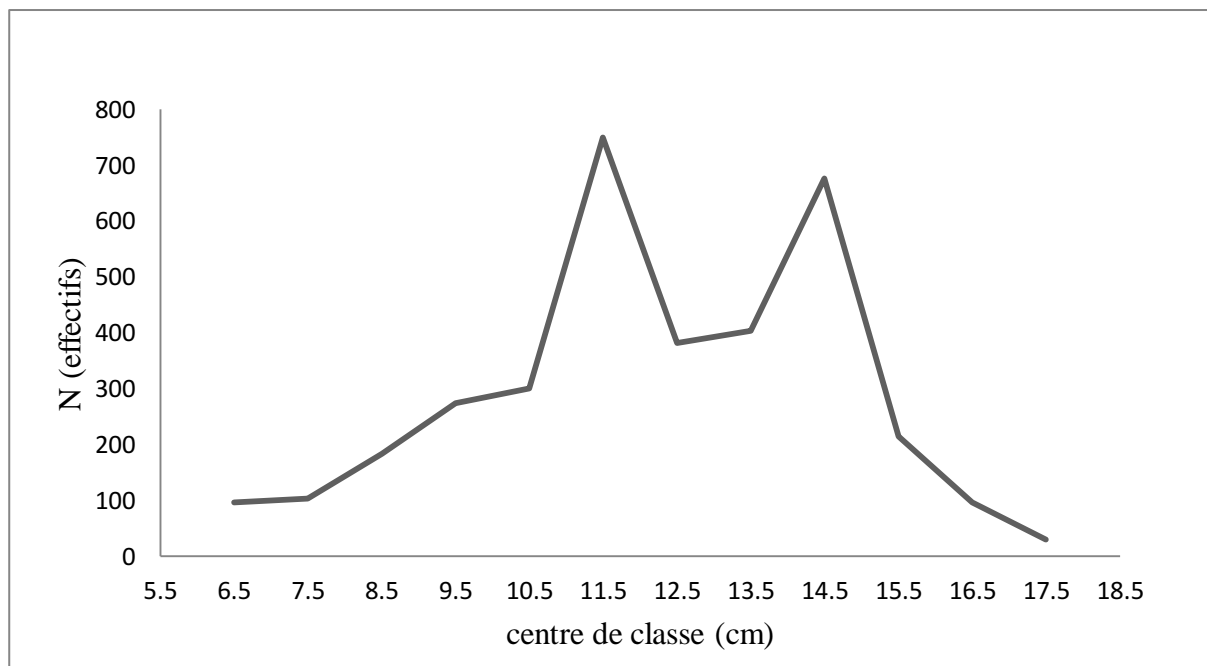


Figure 4. Distribution des fréquences de tailles de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne (sexes confondus) (**Bouaziz et al., 2012**).

La méthode de **Bhattacharya (1967)**, dont le protocole d'application est légèrement modifié par **Gayani et al. (2005)**, a été retenue pour la détermination de la clé âge-longueur, et ce, suite aux recommandations du groupe de travail **DYNPOP** de la **CIESM** [**Abella et al. (1995)**] ; **Aldebert et Recasens (1995)** ; **Aleman et Oliver (1995)**] et celles de **Campana (2001)** (*in* **Bouaziz, 2007**). Le principe de la méthode de **Bhattacharya (1967)** se résume comme suit :

Les données de fréquence sont regroupées en classes de tailles d'égale amplitude « h » et de point milieu « X ». On construit un graphique portant en ordonnée pour chaque abscisse X :

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

$Z(x+h)$ et $Z(x)$ étant l'effectif de classe de point de milieu « X+h » et « X ».

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

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

Avec :

h : intervalle de classe (amplitude) ;

Λ : l'abscisse du point d'intersection de chaque composant avec l'axe d'abscisse ; et

L_{moy} : 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 qui ne doit pas comporter des classes vides ; et
- l'intervalle « h » doit être petit par rapport à chacun des écarts-types.

1.2. Résultats et discussion

Les différentes cohortes de la population de *Sardina pilchardus* obtenues par la méthode de **Bhattacharya (1967)** par le **FISAT II 1.2.0 (Gayanilo et al, 2005)** sont résumées dans le Tableau 2 et la Figure 5.

Tableau 2. Les cohortes de la population de la sardine de la région Est de la côte Algérienne obtenues par la méthode de **Bhattacharya (1967 in FISAT II 1.2.0, Gayanilo et al, 2005)**.

Âge (an)	Taille moyenne des sous populations (cm)	N	s.d.	S.I.
I	10,47	862	2,03	n.a.
II	14,39	1295	0,73	2,84
III	16,82	341	0,41	4,26

N : effectif de la cohorte ;

S.d : écart-type ;

S.I : indice de séparation qui doit être > 2 .

Après l'analyse du Tableau 2, on note que les sardines âgées de 2 ans sont les mieux représentées dans les prises représentant 51,84%, suivie de celle, âgées d'un an (34,51 %). Le minimum de capture est observé chez les individus de l'âge 3 ans avec 13,65 %.

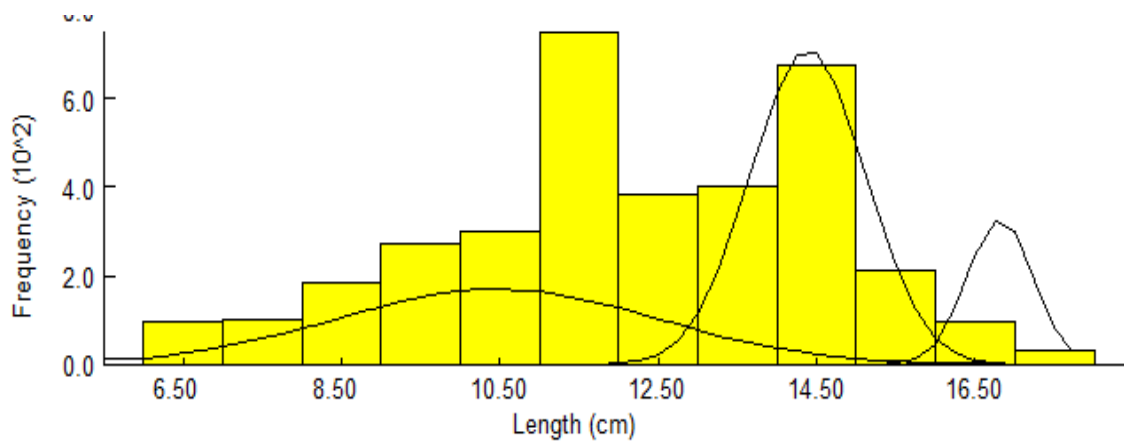


Figure 5. Décomposition de la distribution fréquences-tailles de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte Algérienne en cohortes par la méthode de **Bhattacharya (1967 in FISAT II 1.2.0, 2005)**.

Les résultats assignés dans le tableau 2 montrent que *S. pilchardus* atteint des longueurs moyennes différentes d'une région à une autre avec une faible longévité, ce fait est une caractéristique des petits 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 par **Boucila (2012)** sur l'Est des côtes algériennes, et **Fage (1920)**, et **Brahmi et al (1998)** sur les côtes algéroises.

Ainsi qu'une divergence avec ceux obtenus par **Boukedjouta et Zegloul (2009)** dans le golfe d'Annaba, et **Miloudabid et Hidaoui (2009)** dans la baie du Beni Saf, et **Mouhoub (1986)** dans la Baie de Bou-Ismaïl (tableau 3).

Cette différence est dû sans doute au choix du pas pour établir la distribution des fréquences de tailles et d'autre part aux conditions hydrologiques.

Tableau 3. Clé âge-longueur de *sardina pilchardus* obtenues par différents auteurs dans la méditerranée.

Auteurs	Zone d'étude	sexe	Clé âge-longueur						Méthode
			1	2	3	4	5	6	
Fage (1920)	Côtes algéroises	♀ ♂	8,1	12	14,3	15	-	-	Scalimétrie
Andreu <i>et all</i> (1950)	Castellon (Espagne)	♀ ♂	11,3	13,8	14,9	15,4	16,3	-	Scalimétrie
Mozzi <i>et Duo</i> (1959)	Italie	♀ ♂	12,64	14,69	15,97	16,1	-	-	Scalimétrie
Mouhoub (1986)	Baie de Bou-Ismaïl	♂	12,21	13,67	15,32	16,17	17,25	-	Otolithométrie
		♀	12,20	14,1	15,82	16,42	17,58	18,5	
Brahmi <i>et all</i> (1998)	Côtes algéroises	♂	11,30	14,10	15,92	17,00	-	-	Indirecte
		♀	11,46	13,99	15,96	17,47	18,64	-	
Miloudabid <i>et Hidaoui</i> (2009)	Beni Saf	♀ ♂	10,35	12,53	14,78	16,34	17,90	19,38	Indirecte
Boukedjouta <i>et Zeghloul</i> (2009)	Golfe d'Annaba	♀ ♂	10,18	12,53	14,86	16,43	17,56	-	Indirecte
Boucila (2012)	Est des côtes algériennes	♀ ♂	10,55	13,94	16,76	-	-	-	Indirecte
Le présent travail	Est des côtes algériennes	♀ ♂	10,47	14,39	16,82	-	-	-	Indirecte

2. Etude de la croissance

La croissance entraîne l'augmentation de la taille et du poids des individus et donc de la biomasse du stock. Chez les poissons, elle marque un ralentissement pendant la période hivernale. Les accroissements en longueur et en poids sont plus rapides en début de vie, puis diminuent avec l'âge. Ainsi, les individus tendent vers une taille et un poids limités (**Laubier, 2003**).

2.1. Croissance linéaire

2.1.1. Matériel et méthodes

Dans ce travail on a opté pour le modèle de **Von Bertalanffy (1938)**. Ce modèle est très couramment utilisé parce qu'il s'adapte à la plus part des données de la croissance observée et, est en outre facile à incorporer dans le modèle d'évaluation des stocks halieutiques, il est décrit selon l'équation suivante :

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

L_t : longueur de l'individu à l'âge t (cm) ;

L_{∞} : longueur asymptotique du poisson lorsque t tend vers l'infini (cm). Elle ne doit pas être confondue avec la longueur maximale réellement atteinte par l'espèce étudiée ;

K : coefficient instantané de la croissance, constante qui représente la pente de la droite d'ajustement entre la longueur et l'accroissement. Elle traduit la diminution de la vitesse de la croissance lorsque la taille augmente (**Bebars, 1981**) ; et

t_0 : Paramètre qui devrait correspondre à l'âge auquel l'animal aurait une taille nulle ce qui n'est pas le cas dans la réalité.

Jass et al (1979), signalent que les paramètres de croissance ne constituent que de simples supports mathématiques et n'ont à priori aucune signification biologique.

Les paramètres de croissance ont été estimés par différents logiciels à savoir :

- **FISAT II 1.2.0 (Gayanilo et al, 2005)** ;
- **NEW VONBIT (Stamatopoulos et Caddy, 2012)** ;
- **ELEFAN I (FISAT II 1.2.0, Gayanilo et al, 2005)** ;

-FISHPARM (1988).

Les paramètres a et b de la relation taille-poids sont fournis par **Bouaziz et al (2012)**.

2.1.2. Résultats et discussion

2.1.2.1. Croissance linéaire

2.1.2.1.1. FISAT II (Gayaniilo et all, 2005)

Les paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** (L_{∞} , K et t_0) obtenus par le programme **FISAT II 1.2.0 (Gayaniilo et al, 2005)** sont consignés dans le tableau 4 et la figure 6.

Tableau 4. Paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** de *S. pilchardus* de la Région Est de la côte algérienne par le FISAT II.

Espèce	Région	Paramètres		
		L_{∞} (cm)	K /an	t_0 (an)
<i>Sardina pilchardus</i>	Est de la côte algérienne	18,66	0,76	0

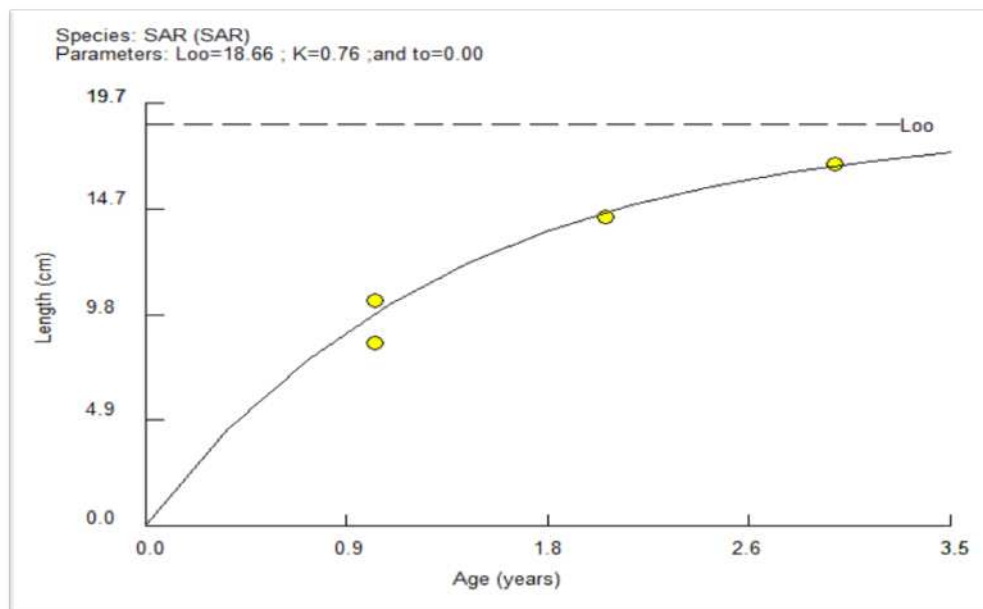


Figure 6. Courbe de croissance linéaire de la sardine *S. pilchardus* de la région Est de la côte algérienne par le **FISAT II (2005)**.

Les paramètres de croissance obtenus pour la sardine *S. pilchardus* de la région Est de la côte Algérienne (sexes confondus) conduisent à l'expression de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** suivante :

$$L_t = 18,66 \cdot e^{-0,76(t)}$$

2.1.2.1.2. NEW VONBIT (Stamatopoulos *et* Caddy, 2012)

Les paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** (L_∞ , K et t_0) obtenus par le programme **NEW VONBIT (Stamatopoulos *et* Caddy, 2012)** sont consignés dans le tableau 5 et la figure 7.

Tableau 5. Paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** de *S. pilchardus* de la Région Est de la côte algérienne par le NEW VONBIT.

Espèce	région	Paramètres		
		L_∞ (cm)	K /an	t_0 (an)
<i>Sardina pilchardus</i>	Est de la côte algérienne	22,164	0,4	-0,604

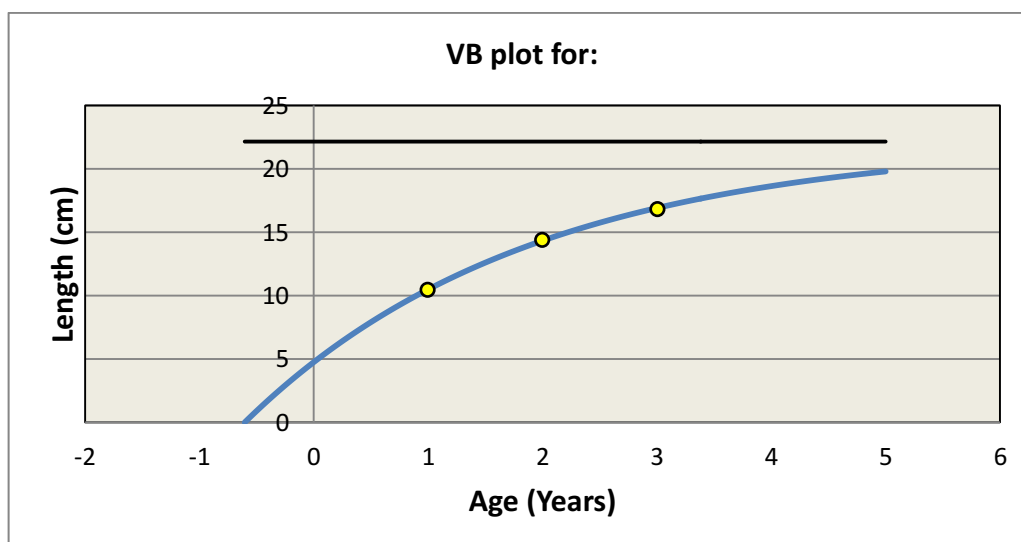


Figure 7. Courbe de croissance linéaire de la sardine *S. pilchardus* de la région Est de la côte algérienne par le NEW VONBIT (Stamatopoulos *et* Caddy, 2012).

Les paramètres de croissance obtenus pour la sardine *S. pilchardus* de la région Est de la côte Algérienne (sexes confondus) conduisent à l'expression de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** suivante :

$$L_t = 22,164 \cdot e^{-0,4(t+0,604)}$$

2.1.2.1.3. ELEFAN I (FISAT II 1.2.0, Gayanilo *et al*, 2005)

Les paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** (L_∞ , K et t_0) obtenus par le programme **ELEFAN I (FISAT II 1.2.0, Gayanilo *et al*, 2005)** sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6. Paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** de *S. pilchardus* de la Région Est de la côte algérienne par l'ELEFIN I.

Espèce	région	Paramètres		
		L_∞ (cm)	K /an	t_0 (an)
<i>Sardina pilchardus</i>	Est de la côte algérienne	20,35	0,51	0

Les paramètres de croissance obtenus pour la sardine *S. pilchardus* de la région Est de la côte Algérienne (sexes confondus) conduisent à l'expression de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** suivante :

$$L_t = 20,35 \cdot e^{-0,51(t)}$$

2.1.2.1.4. FISHPARM (1988)

Les paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** (L_{∞} , K et t_0) obtenus par le programme **FISHPARM (1988)** sont consignés dans le tableau 7.

Tableau 7. Paramètres de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** de *S. pilchardus* de la Région Est de la côte algérienne par le FISHPARM.

		Paramètres		
Espèce	région	L_{∞} (cm)	K /an	t_0 (an)
<i>Sardina pilchardus</i>	Est de la côte algérienne	17,70	0,89	-0,14

Les paramètres de croissance obtenus pour la sardine *S. pilchardus* de la région Est de la côte Algérienne (sexes confondus) conduisent à l'expression de l'équation de **Von Bertalanffy (1938)** suivante :

$$L_t = 17,70 \cdot e^{-0,89(t+0,14)}$$

Tableau 8. Paramètres de croissance linéaire de **Von Bertalanffy (1938)** de *Sardina pilchardus* (**Walbaum, 1792**) d'après la littérature en méditerranée

Auteur	Zone d'étude	Sexe	L_{∞} (cm)	K /an	t_0	
Lopez (1963)	Barcelone	♂♀	21,10	0,9	-0,21	
Boulva (1975)	Golfe de Lion	♂	18,85	0,34	-1,16	
		♀	20,47	0,31	-1,05	
Belveze et Rami (1978)	Méditerranée marocaine	♂♀	21,20	0,68	0	
Bouchereau (1981)	Oran	♂	18,88	0,26	-2,49	
		♀	21,40	0,21	-0,69	
Kartas (1981)	Tunisie	♂♀	19,17	0,41	-0,94	
Mouhoub (1986)	Baie de Bou-Ismaïl	♂♀	19,44	0,27	-2,01	
Morales-nin et Pertierra (1990)	Nord-ouest de la Méditerranée (Espagne)	♂♀	20,08	0,24	-2,73	
Voulgaridou et Stergiou (2003)	Grèce	♂♀	20,80	0,86	0	
Idrissi (2008)	Méditerranée marocaine	♂♀	21,3	0,56	-0,67	
Miloudabid et Hidaoui (2009)	Beni Saf	♂♀	29,56	0,126	-2,41	
Cherifi et Djemaoun (2011)	Baie d'Alger	♂♀	21,38	0,66	-0,42	
Boucila (2012)	Est de la côte algérienne	♂♀	20,58	0,63	0	
le présent travail (2012)	Est de la côte algérienne	FISAT II	♂♀	19,44	0,69	0
		NEW VONBIT	♂♀	20,76	0,48	-0,46
		ELEFIN I	♂♀	19,40	0,51	0
		FISHPARM	♂♀	17,70	0,89	-0,14

Après l'analyse du tableau 8 il a été constaté que :

-Pour le **FISAT II** : les résultats se rapprochent de ceux de **Belveze et Rami (1978)** dans la Méditerranée marocaine, **Boucila (2012)** dans la région Est de la côte algérienne, **Idrissi (2008)**

dans la Méditerranée marocaine **Voulgaridou et Stergiou (2003)** dans la Grèce et **Cherifi et Djemaoun (2011)** dans la Baie d'Alger.

Une divergence a été constatée avec ceux de **Miloudabid et Hidaoui (2009)** dans Beni-Saf et **Bouchereau (1981)** dans région d'Oran. Ceci peut être causé par les conditions des milieux 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**).

-pour le **VONBIT** et **ELEFAN I** : les résultats se rapprochent de ceux de **Kartas (1981)**, et une divergence avec le reste des auteurs.

Divers travaux ont montré que les variations de la longueur asymptotique (L_{∞}) observées chez les groupes d'individus de la même espèce, pourraient être attribuées soit à des facteurs héréditaires, soit au taux d'exploitation (**Fréon, 1984**).

Selon **Sparre et Venema (1996)** de la plus part des espèces à brève existence, atteignent leur (L_{∞}) en deux ou trois ans et présentent une valeur de K élevée : ceci concorde avec nos résultats qui présentent un K élevée de 0.89an^{-1} et $0,76\text{an}^{-1}$ pour le **FISHPARM** et le **FISAT II**, et des valeurs plus ou moins moyennes pour le **VONBIT** et **ELEFAN I**, qui sont respectivement $0,4\text{an}^{-1}$, $0,51\text{an}^{-1}$

2.1.2.2. Relation taille-poids

L'équation de la croissance relative s'écrit comme suit :

$$W_T = 0.00647 \times L_T^{2.99}$$

L'ordonnée a l'origine $a = 0.00647$; la pente $b = 2.99$

3. Mortalité

Alors que recrutement et la croissance participant à l'augmentation de la biomasse du stock, les diverses causes de mortalité contribuent à la réduire. On oppose la mortalité naturelle (notée **M**), qui regroupe toutes les causes de décès d'origine naturelle, comme la vieillesse ou la maladie, à la mortalité due à la pêche (notée **F**). La mortalité par pêche est une traduction de l'impact direct des moyens mis en œuvre pour exploiter un stock, l'effort de pêche. (**Laubier, 2003**).

3.1. Matériel et méthodes

3.1.1. Mortalité totale(**Z**)

La mortalité totale a été déterminée, dans cette étude, par l'analyse des fréquences de tailles des captures, basée sur les courbes de captures selon les longueurs (**Pauly, 1984**)

3.1.1.1. Courbe de captures selon les longueurs sans saisonnalité (**C=0**) (*in Bouaziz, 2007*)

Cette méthode estime les probabilités de captures. Leurs calculs ne prennent pas en considération les oscillations saisonnières de croissance (**C=0**) **FISATII** (**Gayaniilo et al. 2005**). Cette courbe est définie par l'équation qui suit:

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

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

Δt_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 :

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

Où

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

3.1.2. Mortalité naturelle (M)

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 œuvre la plupart des modèles habituels de gestion des stocks (**Bouaziz,2007**).

Pour l'estimation de la mortalité naturelle (M), une méthode sera utilisée à savoir, la méthode empirique de **Pauly (1980)**.

Modèle de Pauly (1980 *in* Hemida, 1987)

Pauly (1980) indique une corrélation entre le taux de mortalité naturelle, le taux de croissance, la taille maximale et la température moyenne du milieu dans lequel vit l'espèce étudiée.

L'auteur, passant en revue les paramètres de croissance et la mortalité naturelle de 175 populations de poissons vivants dans des eaux de température moyenne différentes, a établi une relation générale à savoir:

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

Où T° : est la température moyenne annuelle de l'eau où la population a été échantillonnée en degrés Celsius.

Dans le présent travail la température moyenne est de 18°C (**Bouaziz, 2007**).

3.1.3. Mortalité par pêche

La détermination de la mortalité par pêche (F) sera effectuée à partir de la relation:

$$Z = F + M$$

$$F = Z - M$$

3.2. Résultats

3.2.1. Mortalité totale

D'après (Sparre *et Venema, 1996 in Bouaziz, 2007*), des observations sont exclues de la régression de la courbe de captures linéarisée. Ce sont les premières classes de tailles qui forment la partie ascendante de la courbe. Ces poissons ne sont pas encore pleinement recrutés pour la pêche. Les classes de tailles les plus grandes sont également exclues, pour les raisons suivantes:

- faibles effectifs des échantillons.
- à mesure qu'on approche de L_{∞} la relation entre l'âge et la longueur devient incertaine.

Les résultats concernant le calcul de la mortalité totale (Z) pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 , sont consignés dans le tableau 3 et la figure 4.

Tableau 9. Coefficient de la mortalité totale (Z) pour *sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) obtenu pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 .

	Coefficient de mortalité totale (Z) (an)
FISAT II 1.2.0 (Gayaniilo <i>et all</i> , 2005)	2,29
NEW VONBIT (Stamatopoulos <i>et Caddy</i> , 1987)	2,95
ELEFAN I (FISAT II 1.2.0, Gayaniilo <i>et all</i> , 2005)	2,41
FISHPARM (1988)	1,90

Tableau 10. Les courbes des captures pour l'estimation de Z de *sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne à différent programmes par le **FISAT II** (version1.2.0) (Gayanilo *et al*, 2005).

<p>Programmes utilisés</p>	<p>Courbe de capture pour l'estimation de Z de <i>Sardina pilchardus</i> exploitée dans la région Est de la côte algérienne FISAT II (version1.2.0) (Gayanilo <i>et al</i>, 2005). (● points inclus dans le calcul de la régression ; ● points non inclus).</p>																																				
<p>FISAT II 1.2.0 (Gayanilo <i>et al</i>, 2005)</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> </div> <div style="width: 35%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Growth Parameters</td></tr> <tr><td>Loo :</td><td>18.66</td></tr> <tr><td>K :</td><td>0.76</td></tr> <tr><td>C :</td><td></td></tr> <tr><td>WP :</td><td></td></tr> <tr><td>to :</td><td>0</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3">Point Parameters</td></tr> <tr><td></td><td>1st</td><td>Last</td></tr> <tr><td>Class no.</td><td>10</td><td>12</td></tr> <tr><td>Y: ln(N/Δt)</td><td>6.76</td><td>3.73</td></tr> <tr><td>X: relative age</td><td>2.34</td><td>3.66</td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">Reset Selections</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Z Estimate</td></tr> <tr><td>Z :</td><td>2.29</td></tr> <tr><td>Cl of Z :</td><td>1.93 — 2.65</td></tr> </table> </div> </div>	Growth Parameters		Loo :	18.66	K :	0.76	C :		WP :		to :	0	Point Parameters				1st	Last	Class no.	10	12	Y: ln(N/Δt)	6.76	3.73	X: relative age	2.34	3.66	Reset Selections			Z Estimate		Z :	2.29	Cl of Z :	1.93 — 2.65
Growth Parameters																																					
Loo :	18.66																																				
K :	0.76																																				
C :																																					
WP :																																					
to :	0																																				
Point Parameters																																					
	1st	Last																																			
Class no.	10	12																																			
Y: ln(N/Δt)	6.76	3.73																																			
X: relative age	2.34	3.66																																			
Reset Selections																																					
Z Estimate																																					
Z :	2.29																																				
Cl of Z :	1.93 — 2.65																																				
<p>NEW VONBIT (Stamatopoulos <i>et Caddy</i>, 1987)</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> </div> <div style="width: 35%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Growth Parameters</td></tr> <tr><td>Loo :</td><td>22.164</td></tr> <tr><td>K :</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>C :</td><td></td></tr> <tr><td>WP :</td><td></td></tr> <tr><td>to :</td><td>-0.604</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="3">Point Parameters</td></tr> <tr><td></td><td>1st</td><td>Last</td></tr> <tr><td>Class no.</td><td>9</td><td>11</td></tr> <tr><td>Y: ln(N/Δt)</td><td>8.16</td><td>5.91</td></tr> <tr><td>X: relative age</td><td>2.05</td><td>2.81</td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">Reset Selections</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Z Estimate</td></tr> <tr><td>Z :</td><td>2.95</td></tr> <tr><td>Cl of Z :</td><td>-1.95 — 7.86</td></tr> </table> </div> </div>	Growth Parameters		Loo :	22.164	K :	0.4	C :		WP :		to :	-0.604	Point Parameters				1st	Last	Class no.	9	11	Y: ln(N/Δt)	8.16	5.91	X: relative age	2.05	2.81	Reset Selections			Z Estimate		Z :	2.95	Cl of Z :	-1.95 — 7.86
Growth Parameters																																					
Loo :	22.164																																				
K :	0.4																																				
C :																																					
WP :																																					
to :	-0.604																																				
Point Parameters																																					
	1st	Last																																			
Class no.	9	11																																			
Y: ln(N/Δt)	8.16	5.91																																			
X: relative age	2.05	2.81																																			
Reset Selections																																					
Z Estimate																																					
Z :	2.95																																				
Cl of Z :	-1.95 — 7.86																																				

<p>ELEFAN I (FISAT II 1.2.0, Gayanilo <i>et all</i>, 2005)</p>	<p style="text-align: center;">Length-Converted Catch Curve</p>	<p>Growth Parameters</p> <p>Loo: 20.35 K: 0.51 C: 0 WP: to: 0</p> <p>Point Parameters</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1st</th> <th>Last</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Class no.</td> <td>10</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Y: ln(N/dt)</td> <td>6.79</td> <td>4.29</td> </tr> <tr> <td>X: relative age</td> <td>2.81</td> <td>3.85</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reset Selections</p> <p>Z Estimate</p> <p>Z: 2.41 Cl of Z: 1.53 - 3.29</p>		1st	Last	Class no.	10	12	Y: ln(N/dt)	6.79	4.29	X: relative age	2.81	3.85
	1st	Last												
Class no.	10	12												
Y: ln(N/dt)	6.79	4.29												
X: relative age	2.81	3.85												
<p>FISHPARM (1988)</p>	<p style="text-align: center;">Length-Converted Catch Curve</p>	<p>Growth Parameters</p> <p>Loo: 17.70 K: 0.89 C: WP: to: -0.14</p> <p>Point Parameters</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1st</th> <th>Last</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Class no.</td> <td>6</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Y: ln(N/dt)</td> <td>8.85</td> <td>5.10</td> </tr> <tr> <td>X: relative age</td> <td>1.04</td> <td>2.88</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reset Selections</p> <p>Z Estimate</p> <p>Z: 1.90 Cl of Z: 1.13 - 2.67</p>		1st	Last	Class no.	6	11	Y: ln(N/dt)	8.85	5.10	X: relative age	1.04	2.88
	1st	Last												
Class no.	6	11												
Y: ln(N/dt)	8.85	5.10												
X: relative age	1.04	2.88												

3.2.2. Mortalité naturelle (M) et Mortalité par pêche (F)

Les valeurs de la mortalité naturelle M obtenues pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 , sont présentées dans le tableau 11 :

Tableau 11. Les valeurs de la mortalité naturelle M (an) pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 par le FISAT II 1.2.0 (Gayanilo *et all*, 2005).

	Coefficient de mortalité naturelle (M) (an)
FISAT II 1.2.0 (Gayanilo <i>et all</i> , 2005)	1,39
NEW VONBIT (Stamatopoulos <i>et Caddy</i> , 1987)	0,87
ELEFAN I (FISAT II 1.2.0, Gayanilo <i>et all</i> , 2005)	1,043
FISHPARM (1988)	1,56

Les coefficients de mortalité par pêche (F) pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 sont présentés dans le tableau 12 :

Tableau 12. Les valeurs de la mortalité par pêche (F) (an) pour différents valeurs de L_{∞} , k et t_0 utilisées.

	Coefficient de mortalité par pêche (F) (an)
FISAT II 1.2.0 (Gayanilo <i>et all</i> , 2005)	0,9
NEW VONBIT (Stamatopoulos <i>et Caddy</i> , 1987)	2,08
ELEFAN I (FISAT II 1.2.0, Gayanilo <i>et all</i> , 2005)	1,367
FISHPARM (1988)	0,34

3.3. Discussion et conclusion

Les valeurs des mortalités (Z, M, F) différées d'un programme à un autre, dûs aux valeurs des paramètres biologique utilisés sont différents (tableau 13).

L'analyse du tableau 13 montre que :

- il y a une concordance entre les résultats obtenus par le NEW VONBIT dans le présent travail, et ceux obtenus par **Boukedjouta et Zegloul (2009)** dans la région d'Annaba, et **Hidaoui et Miloud Abid (2009)** dans la baie de Beni saf ;
- une divergence a été marqué entre les résultats obtenus par le NEW VONBIT dans le pr2sent travail avec **Mouhoub (1986)** dans la baie de Bou-Ismaïl ;
- ainsi, concernant les autres programmes, il y a une divergence avec les résultats obtenus par les auteurs présentés.

Tableau13. Mortalités naturelle et totale de *Sardina pilchardus* dans différentes régions.

Méditerranée			
Auteur	Zone d'étude	M (an⁻¹)	Z (an⁻¹)
Mouhoub (1986)	Baie de Bou-Ismaïl	0.406 (♀), 0.443 (♂)	0.707 (♀), 0.686 (♂)
CGPM (1981 in Mouhoub, 1986)	Castellón	0.50	1.39
	Alicante	0.43	1.80
	Maroc	0.40	0.70
Boukedjouta et Zegloul (2009)	Région d'Annaba	0.36	1.59
Hidaoui et Miloud Abid (2009)	Beni saf	0.25	2.12

On a choisi les valeurs obtenues par le **NEW VONBIT**.

Pauly et Sarano (1986), Silvestre et all (1991) et Bouaziz (2006), note que, la mortalité totale (Z) pour les petits pélagique est elvée.

Introduction

Le but de cette étude, est de savoir le cas de l'exploitation le plus critique, vis-à-vis à l'état du stock actuel et le maximum de cette exploitation, et l'étude.

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 les prévisions à court et à long terme des captures et des stocks ;
- de déterminer le point de référence biologique à long terme ; et
- et d'estimer les effets à court et à long terme sur les captures et sur les stocks des différents types d'exploitation des pêches.

Les méthodes d'estimation des stocks peuvent être regroupées en méthodes analytiques ou structurales et en méthodes synthétiques ou globales.

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 a poussé à opter 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**).

1. Matériel et méthodes

Les méthodes rétrospectives, qui font appel à des données historiques, sont appelées analyse de population virtuelle ou analyse de cohorte, alors que les méthodes qui sont tournées vers l'avenir sont appelées méthodes prédictives ou méthodes de **Thompson et Bell (Sparre et Venema, 1996)**. Pour l'étude de la dynamique de la population de *Sardina pilchardus* de la région Est algérienne, le logiciel recommandé par la FAO à savoir, le VIT (**Lleonart et Salat, 2000**) a été utilisé.

Ce logiciel constitue un outil d'évaluation de la biomasse, de la production virtuelle, et du rendement et de la biomasse par recrue.

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 pseudos 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**).

1.1. Analyse de populations virtuelles (VPA)

L'analyse de populations virtuelles ou VPA est, pour l'essentiel, une analyse des captures commerciales, fournie par les statistiques de pêche, combinées avec des informations détaillées sur la contribution de chaque cohorte à la capture (**Sparre et Venema, 1996**).

Selon **Fry (1949, in Bouaziz, 2007)**, le terme «virtuelle» est utilisé par analogie avec l'image virtuelle en optique. Une population virtuelle n'est pas une population réelle, mais c'est la seule que l'on voit.

D'après **Sparre et Venema (1996)**, Le principe de cette méthode consiste à analyser ce que l'on peut observer, la capture, de manière à estimer la population qui devait se trouver en mer pour produire cette capture. Si cette dernière représente une faible fraction du stock (c'est-à-dire si la mortalité par pêche, F , est faible) l'estimation de la taille du stock devient plus incertaine. En conséquence, plus la mortalité par pêche est élevée, plus la VPA est fiable.

Beverton et Holt (1957, in Pauly et Moreau, 1997) ont montré que les capture 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 :

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

Où:

F_i : coefficient instantané de la mortalité par pêche pendant la période i ;

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

M : coefficient de mortalité naturelle,

La version de l'équation de capture de **Beverton et Holt (1957)** la plus utilisée pour l'étude du stock est :

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

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 construction des populations virtuelles. Elle peut être déduite de l'équation (1) en remplaçant N_i par :

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

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

$$N_{ter} = C_{ter} \times \left(\frac{Z_{ter}}{F_{ter}} \right) \quad (4)$$

Pour l'adaptation de la méthode pour l'emploi des fréquences de longueurs on généralise l'équation (2) à tout intervalle de temps Δt , ce qui donne :

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

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

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

1.1.1. Equation de la biomasse

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

$$\bar{B}_i = \bar{N}_i \times \bar{W}_i$$

Où :

\bar{B}_i : Biomasse moyenne annuelle de la cohorte appartenant à la classe i ;

\bar{N}_i : Nombre moyen annuel de la cohorte de la classe i ; et

\bar{W}_i : Poids moyen de la cohorte de la classe i .

1.1.2. Paramètres requis pour l'application de la VPA

L'application de la VPA nécessite l'introduction des paramètres suivants dans le programme VIT (Leonart *et* Salat, 2000), pour différentes programmes :

- paramètres de croissances de **von Bertalanffy** (L_∞ , 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 depuis l'effectif total des captures.
- la production annuelle. (tableau 14)

Tableau 14. Données nécessaires pour le calcul de la VPA par longueur de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne, pour différents programmes.

C.C (cm)	Nt	% des individus matures (♀♂)(Bouaziz <i>et al</i> , 2012)	Différents programmes utilisés			
			NEW VONBIT	FISAT II	ELEFAN I	FISHPARM
6.5	96	0	Equation de la croissance linéaire	Equation de la croissance linéaire	Equation de la croissance linéaire	Equation de la croissance linéaire
7.5	103	0	$L_T=22.164(1-e^{-0.4(t+0.616)})$	$L_T=18.66(1-e^{-0.76(t)})$	$L_T=20.35(1-e^{-0.51(t)})$	$L_T=17.70(1-e^{-0.89(t+0.14)})$
8.5	184	0	Relation taille poids $W_T=0.00647 \cdot L_T^{2.99}$			
9.5	274	0				
10.5	301	12	Les mortalités (an ⁻¹)			
11.5	750	38	Z=2.95	Z=2.29	Z=2.41	Z=1.90
12.5	382	59	F=2.08	F=0.9	F=1.367	F=0.34
13.5	404	70	M=0.87	M=1.39	M=1.043	M=1.56
14.5	677	98	La production annuelle de la sardine de la région Est de la côte Algérienne pour l'année 2011 est de : 1565 tonnes (Bouaziz <i>et al</i> , 2012)			
15.5	214	100				
16.5	97	100				
17.5	30	100				

1.2. Modèle de rendement par recrue

Plusieurs modèles analytiques sont disponibles pour évaluer le rendement par recrue, à savoir ceux de **Beverton *et Holt* (1957)**, **Jones (1957) *et Ricker* (1958)**.

Selon **Lleonart *et salat* (1997)**, L'analyse de rendement par recrue, Y/R, permet une vision plus globale de la population étudiée. Le recrutement est défini comme le nombre d'individus au début de la première classe, et le rendement comme le poids total des captures. Par conséquent, le rendement par recrue est obtenu en divisant tous les poids des captures par le nombre de recrues

calculées à partir de la VPA. La courbe de production par recrue présente fréquemment un maximum : la production maximum équilibrée (MSY ou Y_{\max}/R).

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

\bar{N}_i : Le nombre moyen des individus de chaque classe i calculée par la VPA ;

\bar{W}_i : Le poids moyen de chaque classe i calculée par la VPA ; et

F_i : La mortalité par pêche pour chaque classe i calculée par la VPA.

L'utilité de l'analyse de rendement par recrue Y/R , consiste précisément en l'observation de ses comportements en variant l'effort de pêche. On peut introduire un facteur multiplicatif, de l'effort de pêche. Ainsi, les diverses valeurs que l'on peut attribuer au facteur, représenteront respectivement l'effort de pêche en l'absence de la pêche (Bouaziz, 2007).

1.3. Modèle de 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 :

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

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

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

Où :

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

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

D'où :

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

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

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

Où :

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

K : le coefficient de croissance;

T_0 = l'âge théorique auquel la longueur du poisson est nulle;

T_c = âge à la première capture ;

T_r = âge au recrutement ;

W_{∞} = 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 :

$$\frac{B}{R} = \frac{\bar{B}}{R} \times w_{\infty} e^{-M(t_r - t_0)}$$

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

Cette valeur de niveau de pêche, dite encore F_{cible} , fait partie des **Points de Référence Biologique**, **PRB** "TRP, *Target Reference Points*".

Selon **Cadima (2002)**, le F_{cible} , est la valeur de F pour laquelle la pente de la courbe de rendement par recrue est égale à 10% de la pente de cette courbe à l'origine (c'est-à-dire au moment où $F=0$, donc où le stock est vierge).

En fait, la production à $F_{0.1}$ est très proche de celle à F_{MSY} et beaucoup plus rentable car pour atteindre la "vraie" production maximale équilibrée (MSY) qui se trouve seulement 10% plus haut, il faudrait augmenter considérablement l'effort de pêche, ce qui économiquement n'est pas intéressant (**Bouaziz, 2007**).

Suite à ces recommandations, la connaissance de $F_{0.1}$ de *Sardina pilchardus* s'impose dans la région Est de la côte Algérienne. Le calcul de $Y_{0.1}$ et $B_{0.1}$ correspondant à $F_{0.1}$ est réalisé par le VIT (**Leonart et Salat, 2000**).

2. 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 *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne pour différents programmes.

Concernant le rendement par recrue (tableau 15), l'utilisation des données fournies par le FISHPARM, ne peuvent pas être réalisées parce que L_{∞} (17.70 cm) est inférieur à L_{\max} (18cm) :

Tableau 15. Le rendement par recrue (Y/R) pour les différents programmes concernant la situation actuelle et le maximum.

		Y/R	B/R	
F= 1	0.9	2.036	4.829	FSAT II
MAX	-	-	-	
F= 1	2.08	3.572	5.245	NEW VONBIT
MAX	3.8	3.676	4.087	
F= 1	1.367	2.937	5.632	ELEFAN I
MAX	6.7	3.55	2.972	

L'analyse du tableau 15, montre :

- le FISAT II, n'a pas un maximum définie ;
- l' ELEFAN I, présente un maximum définie ($Y/R_{\max}=3.55$ g), alors que la situation actuel est de l'ordre de 2.937 g, donc Le niveau de l'exploitation est sous-exploitation ;
- le NEW VONBIT, présent un maximum définie ($Y/R_{\max}= 3.676$ g), alors que la situation actuel est de l'ordre de 3.572 g, donc le niveau de l'exploitation est sous-exploitation, mais comme Y/R_{actuel} est très proche de celle du MSY, on peut la concéder : plein-exploitation.

D'après ces résultats, on a opté pour les données fournis par le NEW VONBIT pour la simple raison qu'il présente le cas le plus critique, où la situation est plein-exploitation.

2.1. Captures en nombre d'individus et en poids

Le tableau 16 résume les captures subies par le stock de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne en 2011, en nombre et en poids ainsi que, l'âge et la taille moyenne des captures.

Les captures en nombre et en poids de la sardine débarquée pour l'année 2011 sont illustrées respectivement dans les figures 8 et 9.

Les données de captures du stock de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne traitées par le VPA (VIT, LLeonart et Salat, 2000) laissent apparaître que :

- Les captures les plus importantes en nombres et en poids correspondent aux classes de tailles allant de 10.5 à 15.5 cm, avec des valeurs maximales en nombre environ (**26.45 millions** individus) et en poids (**451.8** tonnes) respectivement pour les classes de taille 11.5 et 14.5 cm.
- la taille moyenne et l'âge moyen de capture de *Sardina pilchardus* sont respectivement de **12.161** cm et **1.458** ans. Notons que la longueur moyenne des captures est supérieure à la taille de la première maturité sexuelle obtenue par **Bouaziz et al (2012)** qui est de l'ordre de 12,1 cm. Ceci signifie que l'exploitation de la sardine de la région Est de la côte algérienne cible essentiellement les individus matures.

Tableau 16. Captures en nombre d'individus et en poids en fonction de la taille de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne (VIT, LLeonart et Salat, 2000)

C.C (cm)	capture en nombre	capture en poids (g)
6.5	3384907.65	5918620.33
7.5	3631723.84	9728754.09
8.5	6487739.67	25239197
9.5	9661090.6	52360845.2
10.5	10613095.88	77531096.8
11.5	26444591.05	252784811
12.5	13469111.71	165363928
13.5	14244819.71	219778763
14.5	23870650.86	451812468
15.5	7545523.31	174646691
16.5	3420167.11	95033077.5
17.5	1057783.64	34801747.6
Total	123831205	1565000000
âge moyen (an)	1.458	
taille moyenne	12.161	

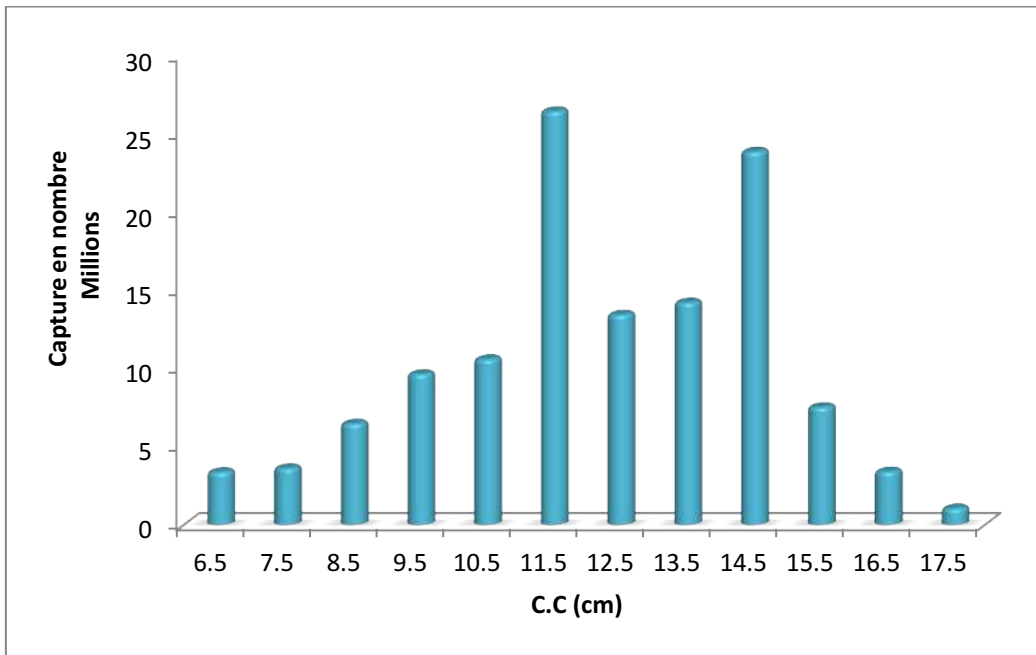


Figure 8. Capture en nombre d’individus en fonction de la taille de *S. pilchardus* de la région Est de la côte algérienne

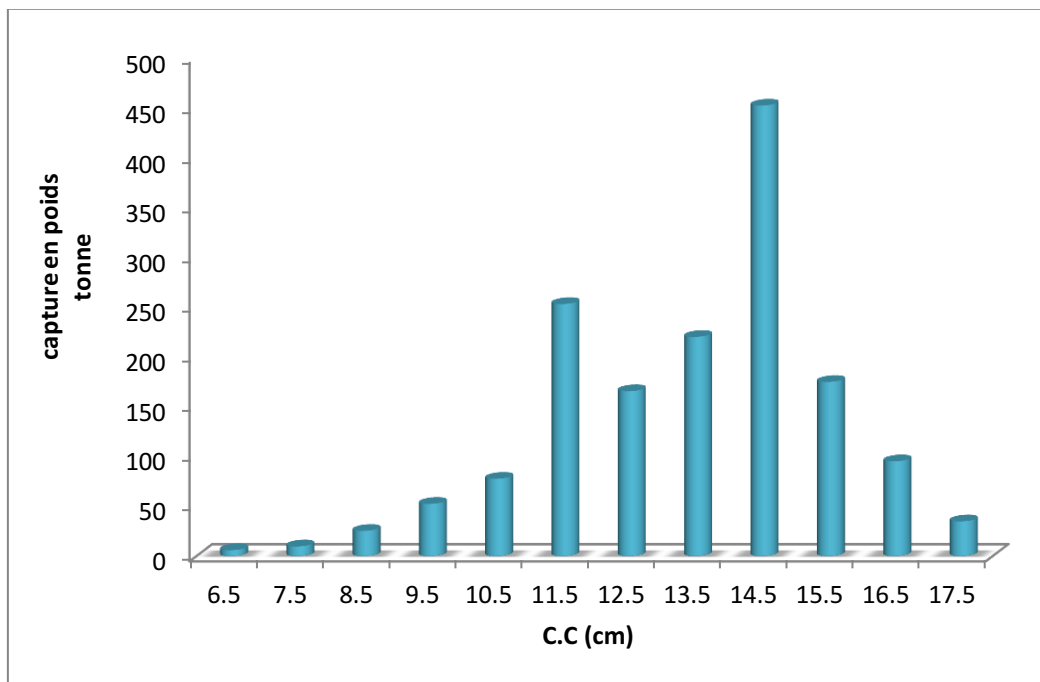


Figure 9. Capture en poids en fonction de la taille de *S. pilchardus* de la région Est de la côte algérienne

2.2. Analyse de la VPA

2.2.1. Analyse de la biomasse

La biomasse exploitable du stock de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne est exprimée en nombre et en poids moyen. Les résultats du VIT représentant l'évolution de ce stock sont dressés dans les tableaux 17, 18 et la figure 10.

L'évolution du stock en poids des survivants de la sardine de la région Est de la côte algérienne, augmente graduellement pour atteindre une valeur maximale correspondant à la classe de taille de 11,5 cm.

La composition en masse du stock montre que les plus grands individus (16.5 à 17.5 cm) sont les moins représentés en termes de biomasse (figure 10). 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 d'environ **2298.23** tonne pour les 12 classes de tailles.

Toutefois, nous avons remarqué que la majorité de cette biomasse est comprise entre 11.5 et 15.5cm (figure 9). La taille critique c'est-à-dire la taille pour laquelle la biomasse est maximale est de 11 cm (tableau 18 figure 10). Quand ce stock ne fait pas l'objet d'une exploitation halieutique cette taille est de 12 cm. A ces deux dernières tailles correspondent respectivement des âges de 1.11 et 1.345 ans. La longueur moyenne du stock est de 9.422 cm qui correspond à l'âge 0.83 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 de la région Est de la côte algérienne est estimé à environ 4653.32 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 la mortalité par pêche dans les modèle de production B_0 est aussi connu comme la capacité de pêche (**Caddy, 1994 in Bouaziz, 2007**). La biomasse du stock se renouvelle annuellement avec un taux 151.1 % : c'est le Turnover (tableau 18).

Tableau 17. Résultat de la biomasse obtenue par la VPA de la population de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne. (VIT, Lleonart et Salat, 2000)

C.C (cm)	poids moyen virtuel (g)	nombre moyen d'individus
6.5	113742021	65049997.47
7.5	159766355.9	59640451.16
8.5	210151172	54019392.86
9.5	259698835.3	47916987.76
10.5	303211168.8	41506045.15
11.5	317630254.5	33228270.88
12.5	308427399.4	25121821.56
13.5	285531338.7	18506530.81
14.5	191256040.9	10104648.49
15.5	95140820.61	4110511.77
16.5	41876630.02	1507107.59
17.5	48538101.01	358570.73
Biomasse en poids (tonnes)	2298.22924	
biomasse en nombre (individus)	361070336.2	

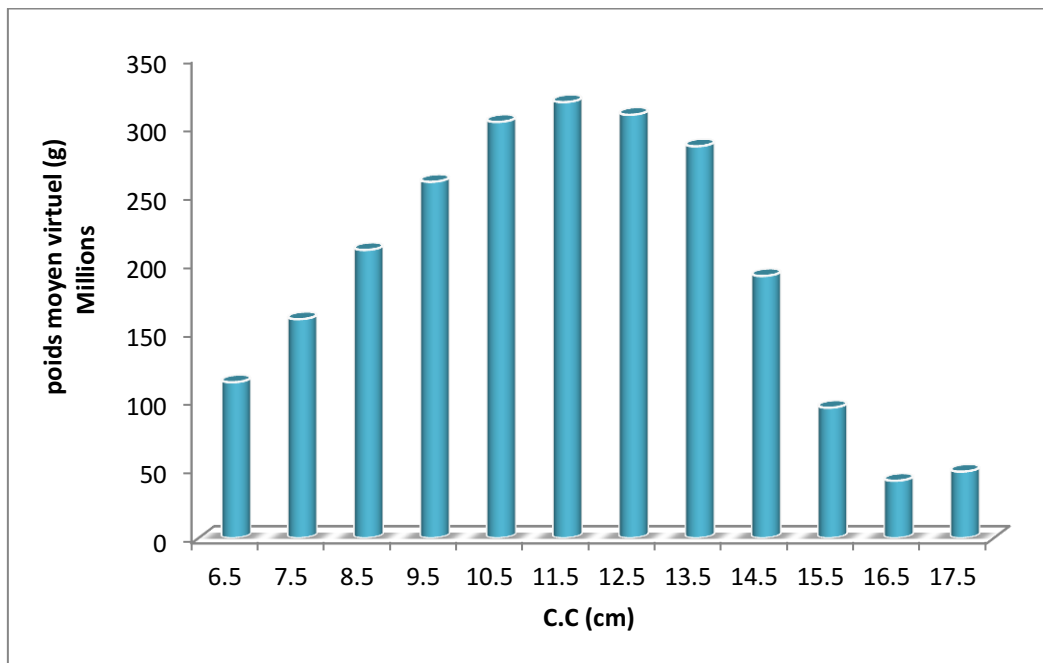


Figure 10. Variation du poids moyen virtuelle en fonction de la taille de la population de *Sardina pilchardus* de la région Est de la cote Algérienne

Tableau 18. Résultat de la VPA obtenue par le VIT (LLeonart *et* Salat, 2000) de *Sardina pilchardus* de la région Est de la cote Algérienne

	VPA
Âge moyen du stock actuel (ans)	0.831
Âge critique du stock actuel (ans)	1.11
Âge critique du stock vierge (ans)	1.345
Longueur moyen du stock (cm)	9.422
Longueur critique du stock actuel (cm)	11
Longueur critique du stock vierge (cm)	12
Recrutement (en nombre, R)	438163512.8
Biomasse moyenne (B moy) (g)	2298229240
biomasse du stock mature (SSB) (g)	4780316819
Biomasse à l'équilibre (D) (g)	3564459439
Mortalité naturelle /D (%)	56.09
Biomasse max / B moy (%)	62.6
biomasse du stock vierge(g)	4653323228
Turnover, D/B moy (%)	155.1

2.2.2. Analyse des mortalités par pêche (F)

Les résultats de l'analyse des mortalités par pêche (F) par classes de tailles, pour le stock exploité de la sardine de la région Est de la côte algérienne sont représentés dans le tableau 19 et la figure 11.

L'analyse du tableau 20 et de la Figure 12 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 6.5 jusqu'à 10.5 cm variaient respectivement de 0,052 à 0,256 an⁻¹. 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 (Fi) augmentent avec la taille jusqu'à atteindre une valeur maximale correspond à la classe de taille 17.5 cm avec une mortalité par pêche égale à 2.95 an⁻¹. 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 11), 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 préservés, les adultes représentés par les grandes classes de tailles, subissent une forte exploitation ceci explique la faible abondance en terme de biomasse des grandes individus (tableau 1).

La valeur de la mortalité moyenne par pêche, estimée à 1.397 an^{-1} , demeure largement supérieure à la valeur globale de la mortalité par pêche (F global) qui est de 0.343 an^{-1} (tableau 19), 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 19. Mortalité par pêche en fonction de la taille obtenue par la VPA de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne. (**VIT, LLeonart et Salat, 2000**).

C.C (cm)	F/an
6.5	0.052
7.5	0.061
8.5	0.12
9.5	0.202
10.5	0.256
11.5	0.796
12.5	0.536
13.5	0.77
14.5	2.362
15.5	1.836
16.5	2.269
17.5	2.95
Âge moy à la capture (an)	1.458
longueur moy à la capture (cm)	12.161
F moy /an	1.397
F global /an	0.343

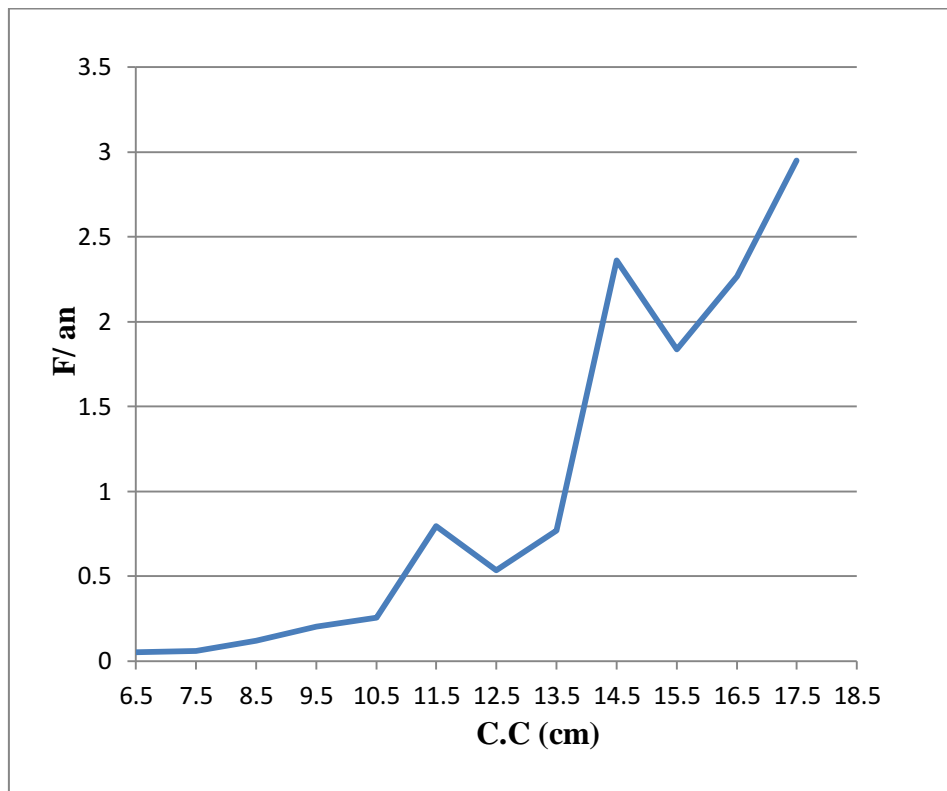


Figure 11. Mortalité par pêche en fonction de la taille, obtenue par la VPA, de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne

1.1. 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 qui permettent 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 **3564.46** tonnes environ.

La situation de la biomasse du stock de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne en termes de gains et de pertes est résumée dans le tableau 20 et la figure 12. 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 **83.13%** (**2962.99** tonnes), devant un recrutement R représenté par une biomasse des recrues égale à **601.47** tonnes, soit **16.87%** 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 **1565 tonnes (43.91 % des pertes)**, devant une mortalité naturelle de l'ordre de **56.09 %**. Ce taux correspond à une biomasse de l'ordre de **1999.46 tonnes**, dû essentiellement au vieillissement, maladie, prédation...etc.

Tableau 20. Etat du stock de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne à l'équilibre (VIT, Lleonart et Salat, 2000).

Equation générale de la biomasse	Biomasse (tonne)	Pourcentage (%)
Recrutement	601.47	16.87
Croissance	2962.99	83.13
Mortalité naturelle	1999.46	56.09
Capture total	1565	43.91

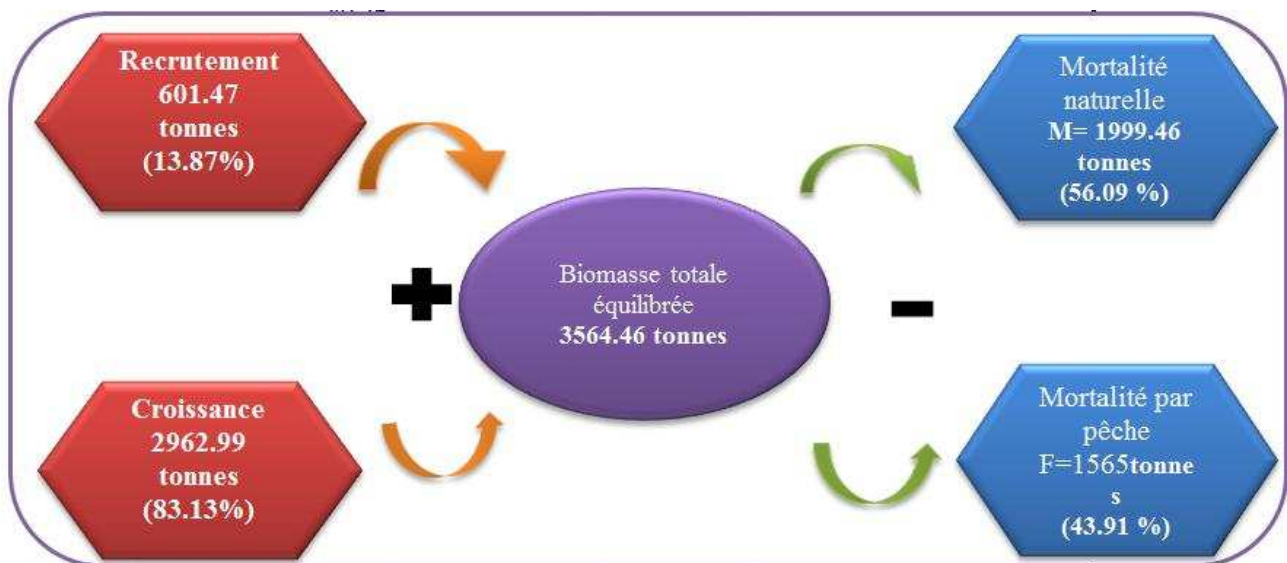


Figure 12. Représentation des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne

1.2. Rendements (productions) et biomasses par recrue

A partir des résultats de la VPA, 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 21 et figure 13, présentent les variations de la production et de la biomasse par recrue en fonction des changements des différents types de F .

Les rendement par recrue augmentent constamment avec la mortalité par pêche pour tendre vers une valeur maximale qui correspond à F_{MSY} (3.8 an^{-1}) et à un Y/R (MSY) (3.676 g) avec une biomasse par recrue (B_{MSY}/R) de 4.062 g qui est largement inférieure à celle de la biomasse par recrue du stock vierge (B_0 : 10.62 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 supérieure à F_{MSY} entraînent une réduction sévère de la production.

Concernant notre stock actuel, le rendement par recrue présente une valeur de 3.572 g qui correspond à une mortalité par pêche F_{act} de 2.08 an^{-1} et une biomasse par recrue de 5.245 g . La courbe du rendement par recrue, indique Y/R actuel se situe à gauche du rendement par recrue maximale MSY qui est de l'ordre 3.676 g , la différence est très petite, ce qui nous permet de dire que le stock de la sardine de la région Est de la côte algérienne en état de **plein-exploitation**.

Pour le point de référence biologique $F_{0.1}$ qui est de 1.3 an^{-1} , lui correspond un rendement par recrue $Y_{0.1}/R$ égale à 3.289 g qui présente une valeur inférieure à celle du stock actuel, alors que la valeur de la biomasse par recrue $B_{0.1}/R$ (6.27) est supérieure à B_{actuel}/R qui est égale à 5.245 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} : 2.308 an^{-1}) à $F_{0.1}$: 1.3 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 recrue, estimé à **438163512.84** (VIT, **LLeonart et salat, 2000**) par le $Y_{0.1}/R$.

Tableau 21. Rendement et biomasse par recrue en fonction de (F) de la sardine de la région Est de la côte algérienne

Type de F	F/an	Y/R (g)	B/R (g)
F_0	0	0	10.62
$F_{0.1}$	1.3	3.289	6.27
F_{actuel}	2.08	3.572	5.245
F_{msy}	3.8	3.676	4.062

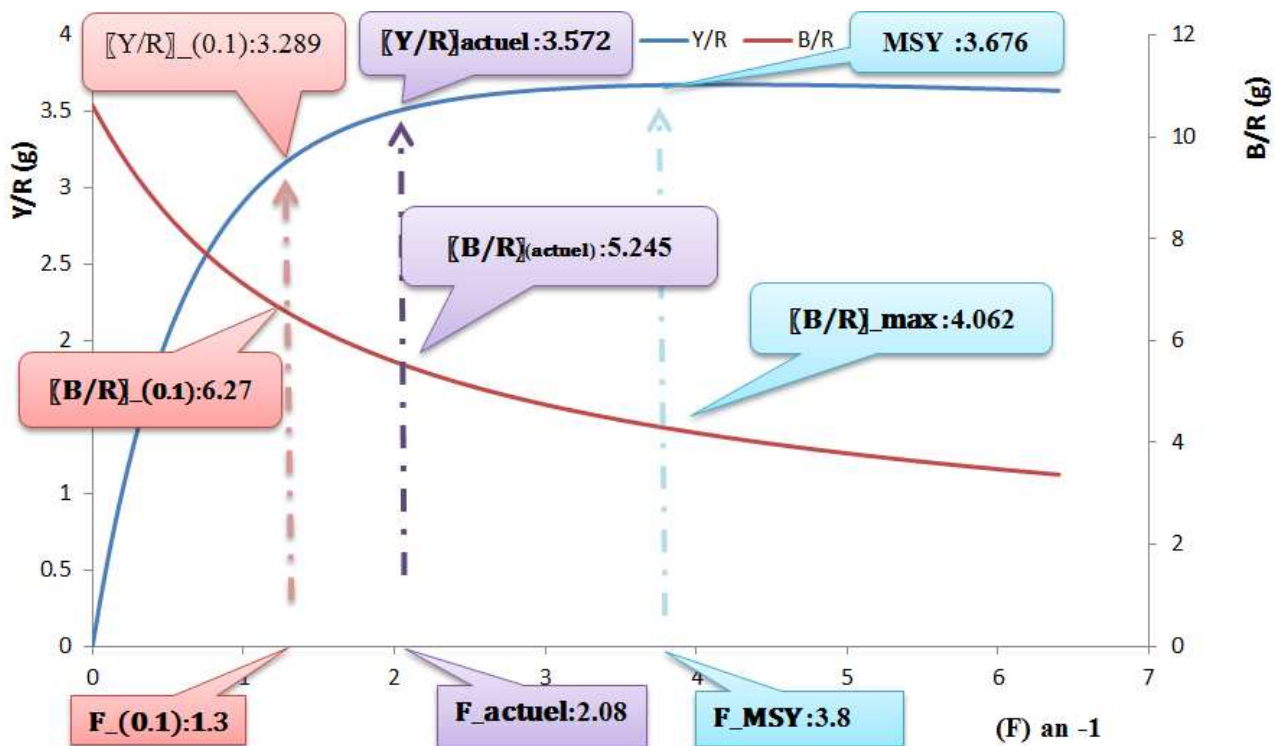


Figure13. Rendement et biomasse par recrue de la sardine de la région Est de la côte algérienne

En conclusion, pour avoir le $Y_{0.1}/R$ correspondant au $F_{0.1}$, nous proposons une diminution des prises actuelles (1565 tonnes) à (1115.88 tonnes) pour avoir une augmentation de la biomasse actuel (4780.36 tonnes) à (5714.09 tonnes). Il serait très intéressant de souligner que pour passer de F_{actuel} à $F_{0.1}$ ce qui correspond à une perte de 449.12 tonnes de prise avec un gain de (933.73 tonnes) de biomasse, il faut diviser l'effort de pêche sur 1.6.

L'application de cette recommandation permettrait à long terme une production maximale soutenable, tout en assurant le renouvellement du stock exploitable de sardine de la région Est de la côte algérienne.

3. Impact de la variation de la mortalité totale sur la biomasse du stock :

Tableau 22. Variation de la mortalité totale sur la biomasse du stock de la sardine de la région Est de la côte algérienne.

PROGRAMME	ETAT ACTUEL				
	Z (/an)	M (/an)	F (/an)	rendement (tonne)	biomasse (tonne)
NEW VONBIT	2.95	0.87	2.08	1565.02	2298.17
ELEFAN I	2.41	1.043	1.367	1565.02	3000.57
FISAT II	2.29	1.39	0.9	1565.02	3711.92

Après l'analyse du tableau 22, on note qu'il y a une diminution de la biomasse avec l'augmentation de la mortalité totale, avec un maximum de biomasse (3711.92) pour une mortalité totale Z (2.29).

L'impact est dû à la sensibilité de la biomasse exploitable de la sardine, à la variation de la mortalité totale Z.

L'étude de l'impact de la mortalité totale (Z) sur l'estimation de la biomasse exploitée, nous informe qu'elle a une grande influence, plus elle est grande, plus la biomasse exploitée est importante.

L'étude de l'exploitation par le VIT (**Leonart et Salat, 2000**), vivement recommandé par la FAO pour la pêche méditerranéenne, qui a été introduit pour évaluer la biomasse exploitable, le rendement par recrue et le $F_{0.1}$ de *Sardina pilchardus* de la région Est de la côte algérienne. Ce logiciel présente l'avantage de fonctionner avec des pseudo-cohortes, c'est-à-dire qu'il exige uniquement la connaissance des captures sur un an au lieu d'une série historique d'une dizaine d'années.

Les résultats de cette application révèlent que la biomasse moyenne exploitable de la sardine du stock Est (du **BEJAIA** jusqu'à **EL KALA**) est de 2298.23 tonnes, comprenant une biomasse de reproducteurs (SSB) qui est de l'ordre de 4780.32 tonnes, avec une longueur moyenne de capture, estimée à 12,161 cm pour un âge de 1.458 an.

Le rendement par recrue actuel est de 3.572 g qui correspond à une valeur de la pression de pêche de 2.08 /an, est inférieure au seuil du MSY (production maximale équilibrée) qui est de 3.676 g qui correspond quant à lui à une valeur de F_{MSY} de 3.8 /an. La valeur de $Y_{0.1}/R$ est de 3.289 g, correspondant à un $F_{0.1}$ estimée à 1.3 /an.

En conclusion, et vu les différents résultats obtenus, nous pouvons dire que le stock de la sardine de la région Est de la côte algérienne est en état de **plein-exploitation**.

Compte tenu de l'état actuel du stock de la sardine et afin de garantir une exploitation rationnelle et durable, ainsi que la pérennité de cette espèce, nous recommandons vivement de :

- diminuer la production actuelle qui est de l'ordre de 1565 tonne à 1115.88 tonne afin d'assurer une production durable ;
- déplacer l'effort de pêche vers d'autres zones. Cette mesure aurait pour conséquence l'augmentation du niveau de biomasse, l'amélioration du recrutement et l'accroissement de la productivité de la ressource ;
- instaurer une fermeture saisonnière des petits pélagiques dans les zones côtières pour limiter la pêche des juvéniles et instaurer une protection des zones de frai et de recrutement ;
- une étude écologique plus approfondie, sur les variations des conditions du milieu, sur les interactions inter et intra spécifiques, et sur l'action du milieu sur les espèces ; et
- une approche bioéconomique est très recommandée car la diminution de l'effort de pêche peut créer des problèmes socio-économiques.

Concernant l'objectifs de notre études, pour l'impact de la variation de la mortalité totale (Z) sur la biomasse exploitable de la sardine, les résultats obtenus nous ont permis de conclure que la biomasse est sensible à la variations de la mortalité totale. (Diminution de la biomasse avec l'augmentation de la mortalité totale).

Référence bibliographique

Andreau B., Rodriguea-Roda J., and Larraneta M-G., 1950. *Contribucion al estudio de la talla, edad y crecimiento de la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum., 1792).de las costas espanolas de Lovante (Noviembre 1949-Mayo 1950).* Publ. Inst. Biol. Apl. Barc. (7): p 159-189.

Attoum D., et Bouzid S., 2001. *Contribution à l'étude hydrologique et sédimentlogique d'un faciès à Donax dans la plage du Chatte (Golfe d'Annaba).* Mémoire D.E.U.A université d'Annaba : 4p.

Bebars M.I., 1981. *Exploitation rationnelle des pêcheries égyptiennes : Application aux pêcheries des sardinelles (*Sardinella aurita*, Valenciennes 1847) de la baie de Selloum, Egypte.* Thèse Doctorale, Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier, 1-354p.

Belveze H., et Rami M., 1978. *Détermination de l'âge de la sardine Marocaine (*Sardina pilchardus*, Walbaum., 1792).*Bull.Inst. Pêche Maritime. 23 :p57-81.

Bouchereau J.L., 1981. *Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran(Algérie).* Thèse doctorale 3ème cycle, Université d'Aix-Marseille II : 168 p.

Bouaziz A, Kerzabi F, Brahmi B., 2012. Estimation of the exploitable biomass and the reference biological point $F_{0.1}$ of sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) along the Eastern Algerian coast. *International conference of marine and coastal ecosystems 25-28 April 2012.* 225p

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

Bouaziz, A., 2006. Estimation du point de référence biologique, $F_{0.1}$, de *Sardinella aurita* de la région centre de la côte algérienne. Bull. Soc. Zool. France, 131 (2): 97-106.

Bouaziz, A., 1992. *Le merlu; *Merluccius merluccius mediterraneus* algéroise par (Cadenat, 1950) de la baie de Bou-Ismaïl Biologie et écologie.* Thèse de Magistère ISMAL. 100 p.

Boucila, M., 2102. : Identification des différents stocks de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes algériennes et étude de quelques paramètres biologiques (Âge, Croissances et Mortalités) de l'espèce de la région Est (Jijel, Skikda et Annaba). *Mémoire d'ingénieur ESSMAL. Alger.45P.*

Boukedjouta R., et Zeghloul T., 2009. *Estimation du niveau d'exploitation de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) du golfe d'Annaba.* Mémoire d'ingénieur ESSMAL. Alger : 20-28 P.

- Boulva J., 1975.** *Données nouvelles sur la sardine Sardina pilchardus (Walbaum, 1792) du golfe du Lion en Méditerranée.* FAO, Rapp. Pêche. (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: 57-64 p.
- Bhattacharya C-G., 1976.** *A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components.* Biometrics, (23), 115-135p.
- Bentuvia, A., 1963.** : *Variations in vertebral number of young Sardinella aurita, In relation to temperature during spawning season.* Rapp. Comm Int. Mer Medit., 17 (2) : 313-318 p.
- Bouchereau, J.L., 1981.** : *Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de Sardina pilchardus (Walbaum 1792) dans la Baie d'Oran (Algérie).* Thèse de Doc. 3^{ème} cycle Univ. Aix-Marseille. Fascicules II .I et II : 168 p.
- Cadima E-L., 2002.** *Manuel d'évaluation des ressources halieutiques.* FAO Document technique sur les pêches. N°393. Rome : 160p.
- Chauvet C., 1986.** *Exploitation des poissons en milieu lagunaire méditerranéen. Dynamique du peuplement ichtyologique de la lagune de Tunis, et des populations exploitées par des bordigues (muges, loups, daurades).* Thèse de Doct. Etat Univ. Perpignan: 555 p.
- Cury Ph., et Fontana, A., 1988.** *Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (Sardinella aurita et Sardinella maderensis) des côtes ouest africaines.* Aquat. Living Ressour., 1 : 165 – 180 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.
- 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) : 11-18P.
- Dumay, J., 2006.** *Extraction de lipides en voie aqueuse par bio-acteurs enzymatique combinée à l'ultra filtration: application à la valorisation de coproduits de poisson (sardina pilchardus).* Thèse De Doctorat Labe l'Européen: N°ed367–243:284 p.
- Dieuzeide, R. et Roland., 1957** : *Etude biométrique de sardina pilchardus et de sardinelle .C.V. capturée dans la baie de Castiglione .Stat. Agric. Pêche castiglione : 111-225 p.*
- Demir., 1963** : *Analysis of vertebral counts of sardina pilchardus (Walbaum 1792) la nourriture de la sardine.* pro.fish.coun.medit. 253-259 p.

EGPP., Entreprise de Gestion du Port de Pêche.

Furnestin., 1945 : *Contribution à l'étude biologique de la sardine atlantique. Rev.Trav.Off.Soi.Tech.pêches.marit., 13(1-4): 321-386p.*

Fage, L., 1920. *Engraulidae, Clupeidae. Report on the Danish Oceanographical Expeditons 1908-1919 to the Mediterranean and adjacent seas, vol 2, no. 6.140 p.*

Fréon P., 1984. *La variabilité des tailles individuelles à l'intérieur des cohortes et des bancs de poissons : Observations et interprétation. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM). France. Oceanologica Acta. Vol. 7 - No 4 (459) 457- 468 p.*

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., Mascarelle., Perrette G., Ayada M., et Kara M-H., 2007. *Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie).C.R.Biologie, n°330 Vol.8.*

Fischer W., Bauchot M.L., Schneider M., 1987. *Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Ed. F.A.O. Rome, 2 : 761-1530.*

Furnestin, J., 1945. *Contribution à l'étude biologique de la sardine (Sardina pilchardus, Walbaum,1792). Rev. Trav. Off. Sci . Pêchmarit.,13 (1-4)*

Furnestin,J., et Furnestin,M.L.,1959. *La reproduction de la sardine et de l'anchois des côtes atlantiques du Maroc (saisons et aires de ponte).Rev.Trav.Inst.Pêchesmarit.,23 (1):79-104 p.*

Gayanilo F.C., Jr.; Sparre, P., D. Pauly., 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 (Linné. 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. *Rapport de mission sur l'évaluation des ressources halieutiques de la marge continentale algérienne, stocks pélagiques, stocks démersaux exploitables au chalut Rapp compagne Thalassa Ichthys., Joamy : 101p.*

Kacher M., 2004. *Le Merlu du Golfe de Gascogne et de la Mer Celtique : croissance, répartition spatiale et bathymétrique, écologie alimentaire et assemblages. Thèse de Doctorat, Université du Littoral - Côte d'Opale, 31-32p.*

- Kartas, F., 1981.** : *Les clupéidés de Tunisie. Caractéristiques biométriques et biologiques. Etude comparée des populations de l'Atlantique EST et de la Méditerranée. Thèse de Doctorat d'Etat. Faculté des Sciences de Tunis* : 606 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 (Linne, 1758) en baie de Bou Ismail (Alger). Thèse de Magister, ISMAL :n° :118p.*
- 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* : 58 p.
- Laubier, L., 2003.** *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivants. rapp.*
Scien. Tech. n 17 :459 p.
- Laurec A., et Le Gune J-C., 1981.** *Dynamique des populations marines exploitées. Tome I. Concepts et modèles. Rapp. Scient. Et tech., Edition CNEXO , n° 45 : 118p.*
- Lee, J.Y.,1961.** *Le sardine du golfe du Lion (Sardina pilchardus sardina Regan). Rev .Trav .Inst .Pêches Marit.25(4):417-512p.*
- Lchf., 1976.** *Laboratoire central hydraulique de France, ministère des travaux publics et de la construction du port d'Annaba* : 195p
- Leclaire L., 1972.** *La sédimentation halocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien). Mémoire du muséum national d'histoire naturelle. Paris Sr c : 64-653p.*
- Letaconnoux., 1954** : *Observation sur la sardine des Açores et nouvelle contribution à l'étude du genre sardina. Inst. Sci. Tech. Pêche marit., Notes et Rapp* : 37 -56 p.
- LLeonart J., et Salat J., 1997.** **VIT:** *software for fishery analysis. User's manual. En ligne: <http://www.faocopemed.org/es/active/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/active/infodif/vit.htm>[cité en 2000].*
- Lopez J., 1963.** *Edad de la sardina (Sardina pilchardus, Walbaum., 1792) de Barcelona. Invest. Pesq. Bar., 23 : 133-157 p.*
- Miloud abid A-E., et Hidaoui A-E., 2009.** *Estimation de niveau de l'exploitation de la sardine Sardina pilchardus de la région de Béni-Saf. Mémoire d'ingénieure d'état ESSMAL:* 8-19 p.
- MPRH., 2004** .Plan national de développement de la pêche et de l'aquaculture, 2003-2007,1-77.

- 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*, 349-356p.
- 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 cotes algéroises ; Thèse de magistère.* USTHB : 163 p.
- Mozzi C., et Duo A., 1959.** *Croissance et âge des sardines de la haute adriatique, débarquées à Chioggia. Italie.* *Proc.Gen. Fish. Coun ; Médit. 5*: 105-112p.
- Pauly D., F.C. Gayanilo Jr., 1996.** *Estimating the parameter of length-weight relationship from length-frequency samples and bulk weights, p.136.* In D. Pauly et P. Martosubroto (éds.). *Baseline studies of biodiversity: the fish resources of western Indonesia.* *ICLARM Stud. Rev. 23*, 321p.
- Pauly D., et Moreau J., 1997.** *Méthode pour l'évolution des ressources halieutiques.* Collection POLYTECH de l'I.N.P. de Toulouse. Cepadués-Editions. France : 288p.
- Sparre P., et Venema, S.C., 1996.** *Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Partie 1-manuel.* *FAO Fish. Tech. Pap. 306/1 Rev. 1*: 1-401p.
- 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)*: 269-280 p.
- Whitehead, P.J.P. 1985:** *FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupéidés fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings.* *FAO Fish. Synop. 125(7/1)*:1-303. Rome: FAO.

Annexe 1.

Tableau 1.

Factor	Y/R	B/R	SSB	Y/R Gear 1
0	0	10.62	22.09	0
0.025	0.34	10.303	21.431	0.34
0.05	0.646	10.006	20.813	0.646
0.075	0.922	9.727	20.232	0.922
0.1	1.171	9.464	19.686	1.171
0.125	1.397	9.217	19.172	1.397
0.15	1.601	8.984	18.688	1.601
0.175	1.785	8.765	18.231	1.785
0.2	1.952	8.557	17.799	1.952
0.225	2.103	8.361	17.392	2.103
0.25	2.24	8.176	17.006	2.24
0.275	2.364	8	16.641	2.364
0.3	2.477	7.834	16.294	2.477
0.325	2.58	7.676	15.966	2.58
0.35	2.673	7.526	15.653	2.673
0.375	2.758	7.383	15.357	2.758
0.4	2.835	7.247	15.074	2.835
0.425	2.905	7.118	14.805	2.905
0.45	2.97	6.994	14.548	2.97
0.475	3.028	6.877	14.303	3.028
0.5	3.082	6.764	14.069	3.082
0.525	3.131	6.657	13.846	3.131
0.55	3.176	6.554	13.632	3.176
0.575	3.217	6.455	13.426	3.217
0.6	3.254	6.36	13.23	3.254
0.625	3.289	6.27	13.041	3.289
0.65	3.32	6.183	12.86	3.32
0.675	3.349	6.099	12.686	3.349
0.7	3.376	6.018	12.518	3.376
0.725	3.401	5.941	12.357	3.401
0.75	3.423	5.866	12.201	3.423
0.775	3.444	5.794	12.052	3.444
0.8	3.463	5.725	11.907	3.463
0.825	3.481	5.657	11.768	3.481
0.85	3.497	5.593	11.633	3.497
0.875	3.512	5.53	11.502	3.512
0.9	3.526	5.469	11.376	3.526
0.925	3.539	5.411	11.254	3.539
0.95	3.551	5.354	11.136	3.551
0.975	3.562	5.299	11.021	3.562
1	3.572	5.245	10.91	3.572
1.025	3.581	5.193	10.802	3.581

1.05	3.59	5.143	10.697	3.59
1.075	3.598	5.094	10.595	3.598
1.1	3.605	5.046	10.496	3.605
1.125	3.612	5	10.4	3.612
1.15	3.618	4.955	10.306	3.618
1.175	3.624	4.911	10.215	3.624
1.2	3.629	4.868	10.126	3.629
1.225	3.634	4.827	10.039	3.634
1.25	3.639	4.786	9.955	3.639
1.275	3.643	4.746	9.872	3.643
1.3	3.646	4.708	9.792	3.646
1.325	3.65	4.67	9.713	3.65
1.35	3.653	4.633	9.637	3.653
1.375	3.656	4.597	9.562	3.656
1.4	3.659	4.562	9.488	3.659
1.425	3.661	4.527	9.417	3.661
1.45	3.663	4.494	9.347	3.663
1.475	3.665	4.461	9.278	3.665
1.5	3.667	4.428	9.211	3.667
1.525	3.669	4.397	9.145	3.669
1.55	3.67	4.366	9.081	3.67
1.575	3.671	4.335	9.018	3.671
1.6	3.672	4.306	8.956	3.672
1.625	3.673	4.276	8.895	3.673
1.65	3.674	4.248	8.836	3.674
1.675	3.674	4.22	8.777	3.674
1.7	3.675	4.192	8.72	3.675
1.725	3.675	4.165	8.664	3.675
1.75	3.675	4.139	8.608	3.675
1.775	3.676	4.113	8.554	3.676
1.8	3.676	4.087	8.501	3.676
1.825	3.676	4.062	8.449	3.676
1.85	3.675	4.037	8.397	3.675
1.875	3.675	4.013	8.347	3.675
1.9	3.675	3.989	8.297	3.675
1.925	3.674	3.965	8.248	3.674
1.95	3.674	3.942	8.2	3.674
1.975	3.673	3.919	8.153	3.673
2	3.673	3.897	8.106	3.673
2.025	3.672	3.875	8.06	3.672
2.05	3.671	3.853	8.015	3.671
2.075	3.67	3.832	7.971	3.67
2.1	3.67	3.811	7.927	3.67
2.125	3.669	3.79	7.884	3.669
2.15	3.668	3.77	7.841	3.668
2.175	3.667	3.75	7.799	3.667

2.2	3.666	3.73	7.758	3.666
2.225	3.664	3.71	7.717	3.664
2.25	3.663	3.691	7.677	3.663
2.275	3.662	3.672	7.638	3.662
2.3	3.661	3.653	7.599	3.661
2.325	3.66	3.635	7.56	3.66
2.35	3.658	3.617	7.523	3.658
2.375	3.657	3.599	7.485	3.657
2.4	3.655	3.581	7.448	3.655
2.425	3.654	3.563	7.412	3.654
2.45	3.653	3.546	7.376	3.653
2.475	3.651	3.529	7.34	3.651
2.5	3.65	3.512	7.305	3.65
2.525	3.648	3.496	7.271	3.648
2.55	3.647	3.479	7.237	3.647
2.575	3.645	3.463	7.203	3.645
2.6	3.643	3.447	7.17	3.643
2.625	3.642	3.431	7.137	3.642
2.65	3.64	3.416	7.104	3.64
2.675	3.639	3.4	7.072	3.639
2.7	3.637	3.385	7.041	3.637
2.725	3.635	3.37	7.009	3.635
2.75	3.633	3.355	6.978	3.633
2.775	3.632	3.34	6.948	3.632
2.8	3.63	3.326	6.917	3.63
2.825	3.628	3.311	6.888	3.628
2.85	3.626	3.297	6.858	3.626
2.875	3.625	3.283	6.829	3.625
2.9	3.623	3.269	6.8	3.623
2.925	3.621	3.255	6.771	3.621
2.95	3.619	3.242	6.743	3.619
2.975	3.617	3.228	6.715	3.617
3	3.616	3.215	6.687	3.616
3.025	3.614	3.202	6.66	3.614
3.05	3.612	3.189	6.633	3.612
3.075	3.61	3.176	6.606	3.61
3.1	3.608	3.163	6.58	3.608
3.125	3.606	3.151	6.554	3.606
3.15	3.604	3.138	6.528	3.604
3.175	3.602	3.126	6.502	3.602
3.2	3.601	3.114	6.477	3.601
3.225	3.599	3.102	6.451	3.599
3.25	3.597	3.09	6.427	3.597
3.275	3.595	3.078	6.402	3.595
3.3	3.593	3.066	6.378	3.593
3.325	3.591	3.054	6.353	3.591

3.35	3.589	3.043	6.329	3.589
3.375	3.587	3.032	6.306	3.587
3.4	3.585	3.02	6.282	3.585
3.425	3.583	3.009	6.259	3.583
3.45	3.581	2.998	6.236	3.581
3.475	3.579	2.987	6.213	3.579
3.5	3.577	2.976	6.191	3.577
3.525	3.575	2.966	6.168	3.575
3.55	3.573	2.955	6.146	3.573
3.575	3.571	2.944	6.124	3.571
3.6	3.569	2.934	6.103	3.569
3.625	3.567	2.924	6.081	3.567
3.65	3.565	2.913	6.06	3.565
3.675	3.563	2.903	6.039	3.563
3.7	3.561	2.893	6.018	3.561
3.725	3.559	2.883	5.997	3.559
3.75	3.557	2.873	5.977	3.557
3.775	3.555	2.864	5.956	3.555
3.8	3.553	2.854	5.936	3.553
3.825	3.551	2.844	5.916	3.551
3.85	3.549	2.835	5.896	3.549
3.875	3.547	2.825	5.876	3.547
3.9	3.545	2.816	5.857	3.545
3.925	3.543	2.807	5.838	3.543
3.95	3.541	2.797	5.818	3.541
3.975	3.539	2.788	5.799	3.539
4	3.537	2.779	5.781	3.537
4.025	3.535	2.77	5.762	3.535
4.05	3.533	2.761	5.743	3.533
4.075	3.531	2.752	5.725	3.531
4.1	3.529	2.744	5.707	3.529
4.125	3.527	2.735	5.689	3.527
4.15	3.525	2.726	5.671	3.525
4.175	3.523	2.718	5.653	3.523
4.2	3.522	2.709	5.636	3.522
4.225	3.52	2.701	5.618	3.52
4.25	3.518	2.693	5.601	3.518
4.275	3.516	2.684	5.584	3.516
4.3	3.514	2.676	5.566	3.514
4.325	3.512	2.668	5.55	3.512
4.35	3.51	2.66	5.533	3.51
4.375	3.508	2.652	5.516	3.508
4.4	3.506	2.644	5.5	3.506
4.425	3.504	2.636	5.483	3.504
4.45	3.502	2.628	5.467	3.502
4.475	3.5	2.621	5.451	3.5

4.5	3.498	2.613	5.435	3.498
4.525	3.496	2.605	5.419	3.496
4.55	3.494	2.598	5.403	3.494
4.575	3.492	2.59	5.388	3.492
4.6	3.49	2.583	5.372	3.49
4.625	3.488	2.575	5.357	3.488
4.65	3.486	2.568	5.341	3.486
4.675	3.484	2.561	5.326	3.484
4.7	3.482	2.553	5.311	3.482
4.725	3.48	2.546	5.296	3.48
4.75	3.478	2.539	5.281	3.478
4.775	3.476	2.532	5.267	3.476
4.8	3.474	2.525	5.252	3.474
4.825	3.472	2.518	5.237	3.472
4.85	3.47	2.511	5.223	3.47
4.875	3.468	2.504	5.209	3.468
4.9	3.467	2.497	5.194	3.467
4.925	3.465	2.491	5.18	3.465
4.95	3.463	2.484	5.166	3.463
4.975	3.461	2.477	5.152	3.461
5	3.459	2.47	5.139	3.459