



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Sciences de la Mer

Option : **Halieutique**

Thème



Présenté par :

LAHMARI Lotfi
SELAMA Abdennour

Soutenu le 16 juillet 2008 devant le jury :

| | | | |
|-----------------|-------------|-------------------------|--------------|
| M ^r | SEFIANE. O. | (Maître de conférences) | Président |
| M ^{me} | OUABADI. T. | (Chargée de cours) | Examinatrice |
| M ^r | HEMIDA. F. | (Maître de conférences) | Examineur |
| M ^r | BOUAZIZ. A. | (Maître de conférences) | Promoteur |

« **Promotion 2007/2008** »

REMERCIEMENTS

Nous remercierons toutes les personnes qui ont permis, par leurs remarques, leurs conseils et leurs disponibilités, l'élaboration de cette étude.

Ces remerciements s'adressent plus particulièrement au :

Mr Sefiane O. d'avoir, en dépit de ses nombreuses occupations, accepté de présider ce jury.

Mme Ouabadi T., qui a bien voulu examiner et corriger ce travail.

Mr Hemida F., pour avoir pris le temps d'examiner ce travail, pour ses critiques constructives.

Dr Bouaziz A., qui nous a proposé ce sujet, et qui nous a bien orienté à rédiger ce travail que ce soit dans le fond ou la forme.

Nos remerciements, s'adressent aussi:

Au directeur général de l'I.S.M.A.L Mr Bakour et directeur des études Mr Zouakhi grâce à eux et leurs efforts la réalisation de ce travail s'est déroulé dans les bonnes conditions.

A l'ensemble des personnes de l'I.S.M.A.L., qui nous ont permis de réaliser cette étude dans les meilleures conditions de travail et dans une bonne ambiance.

Aussi, nous ne pouvons nous empêcher de remercier, et sans exception, tous nos collègues de notre promotion de fin d'études, pour les encouragements et l'intérêt qu'ils ont montré pour nous voir mener à terme de ce mémoire.

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE I : GÉNÉRALITES | 3 |
| 1 – Présentation de l'espèce | 4 |
| 1 – 1. Position systématique..... | 4 |
| 1 – 2. Morphologie et physiologie..... | 4 |
| 1 – 3. Répartition géographique et bathymétrie..... | 5 |
| 1 – 4. Écologie et biologie..... | 6 |
| 1-4-1. Régime alimentaire..... | 6 |
| 1-4-2. Déplacements et migration..... | 6 |
| 1-4-3. Période de reproduction et maturité sexuelle..... | 7 |
| 2 – Facteurs physiques du milieu..... | 7 |
| CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES | 8 |
| 1 – Matériel..... | 9 |
| 2 – Méthodes..... | 9 |
| 2 – 1. Choix des logiciels..... | 9 |
| 2 – 2. Âge et croissance..... | 10 |
| 2-2-1. Clé âge-longueur..... | 10 |
| 2-2-2. Croissance linéaire | 11 |
| 2-2-3. Estimation de L_{∞} pour chaque groupe d'âge..... | 12 |
| 2-2-4. Croissance relative..... | 13 |
| 2-2-5. Croissance pondérale..... | 13 |
| 2 – 3. Etude des mortalités..... | 14 |
| 2-3-1. Mortalité totale (Z)..... | 14 |
| 2-3-2. Mortalité naturelle (M) par âge..... | 16 |
| 2-3-2-1. Méthodes d'estimation de M en fonction de l'âge..... | 17 |
| 2-3-2-2. Estimation de M par la méthode de Pauly..... | 17 |
| 2-3-3. Mortalité par pêche (F)..... | 18 |
| 2 – 4. Exploitation (approche analytique)..... | 18 |
| 2-4-1. Analyse de populations virtuelles (VPA)..... | 18 |
| 2-4-1-1. Paramètres requis pour l'application de la VPA..... | 21 |
| 2-4-2. Modèle de rendement par recrue..... | 22 |
| CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION | 24 |
| 1 – Clé âge-longueur..... | 25 |
| 2 – Etude de la croissance..... | 26 |
| 2 – 1. Paramètres de croissance linéaire..... | 26 |
| 2 – 2. Relation taille-poids..... | 29 |
| 2 – 3. Croissance pondérale..... | 30 |

| | |
|--|--------|
| 3 – Etude des mortalités..... | 31 |
| 3 – 1. Mortalité totale (Z)..... | 31 |
| 3 – 2. Mortalité naturelle (M)..... | 33 |
| 3-2-1. Estimation de M par la méthode de Pauly pour chaque groupe d'âge..... | 33 |
| 2-2-2. Estimation de M par la méthode de Pauly pour toute la population..... | 35 |
| 3 – 3. Mortalité par pêche (F)..... | 36 |
| 4 – Exploitation..... | 36 |
| 4 – 1. Analyse du stock de <i>S. aurita</i> en fonction de M | 36 |
| 4-1-1. Captures en nombre d'individus et en poids..... | 36 |
| 4-1-2. Analyse de la VPA..... | 39 |
| 4-1-2-1. Analyse de la biomasse..... | 39 |
| 4-1-2-2. Analyse des mortalités par pêche (F)..... | 42 |
| 4-1-3. Biomasse totale équilibrée (D)..... | 44 |
| 4-1-4. Rendements (productions) et biomasses par recrue..... | 46 |
| 4 – 2. Discussion..... | 47 |
| CONCLUSION | 50 |
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 53 |

Listes des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1. Distribution de fréquences de tailles de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne (Bouaziz, 2007)..... | 9 |
| Tableau 2. Clé âge-longueur de sardinelle de la région centre de la côte algérienne (FISAT II, Gayanilo et al., 2005)..... | 25 |
| Tableau 3. Clés âge-longueur de <i>Sardinella aurita</i> obtenues par différents auteurs dans la méditerranée..... | 26 |
| Tableau 4. Paramètres de croissance linéaire de von Bertalanffy (FISAT II, Gayanilo et al., 2005)..... | 26 |
| Tableau 5. Paramètres de l'équation de van Bertalanffy de <i>Sardinella aurita</i> d'après la littérature..... | 28 |
| Tableau 6. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale de <i>S. aurita</i> (Bouaziz, 2007)..... | 29 |
| Tableau 7. Poids moyens (grammes) à divers âges de <i>S. aurita</i> exploitée dans la région centre de la côte algérienne..... | 30 |
| Tableau 8. Poids asymptotiques (W_{∞}) de <i>Sardinella aurita</i> d'après la littérature..... | 31 |
| Tableau 9. Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de la courbe de capture à l'aide de FISAT II (Gayanilo et al., 2005) pour <i>S. aurita</i> exploitées dans la région centre de la côte algérienne..... | 32 |
| Tableau 10. Mortalités totale estimées par d'autres auteurs dans différentes régions..... | 33 |
| Tableau 11. Coefficients de mortalité naturelle (M) estimé par la méthode de Pauly pour chaque groupe d'âge..... | 34 |
| Tableau 12. Mortalité naturelle de <i>Sardinella aurita</i> estimée par quelques auteurs..... | 35 |
| Tableau 13. Captures en nombre d'individus et en poids en fonction de la taille de <i>Sardinella aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M. (VIT, Lleonart et Salat, 2000)..... | 37 |
| Tableau 14. Résultats de la biomasse obtenus par la VPA en fonction de M de la population de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne. (VIT, Lleonart et Salat, 2000)..... | 40 |
| Tableau 15. Résultats de la VPA, obtenus par le VIT (Lleonart et Salat, 2000) de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M..... | 41 |
| Tableau 16. Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par la VPA de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M (VIT, Lleonart et Salat, 2000)..... | 43 |
| Tableau 17. Etat du stock de <i>S. aurita</i> à l'équilibre, pour M constante et variable (VIT, Lleonart et Salat, 2000)..... | 44 |
| Tableau 18. Résultats de l'analyse du rendement et de la biomasse par recrue de <i>S. aurita</i> exploitée dans la région centre de la côte algérienne, en fonction de M..... | 46 |
| Tableau 19. Rendements et biomasses par recrue en fonction de (F) de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, pour M constante et variable..... | 47 |
| Tableau 20. Analyse de l'impact de changement de M par âge sur les paramètres d'exploitations de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne..... | 48 |

Listes des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1. <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847) (FAO, 1987)..... | 5 |
| Figure 2. <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)..... | 5 |
| Figure 3. Distribution géographique de (<i>S. aurita</i> Valenciennes, 1847) (D'après Smith, 1997 in Bouaziz 2007)..... | 6 |
| Figure 4. Cycle de vie d'une cohorte (Cadima. 2002)..... | 12 |
| Figure 5. Schéma simplifié de l'analyse des cohortes des populations marines exploitées (Sidibé, 2003)..... | 20 |
| Figure 6. Diagramme de la VPA (Leonart et Salat,1992)..... | 21 |
| Figure 7. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles de <i>S. aurita</i> tous sexes confondus par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, Gayanilo et al., 2005)..... | 25 |
| Figure 8. Courbe de croissance linéaire obtenue par l'équation de von Bertalanffy de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne (FISAT II, Gayanilo et al., 2005)..... | 27 |
| Figure 9. Relation taille-poids pour la sardinelle de la région centre de la côte algérienne..... | 30 |
| Figure 10. Courbe théorique de croissance pondérale de <i>Sardinella aurita</i> (sexes confondus)..... | 31 |
| Figure 11. Courbe de capture pour l'estimation de Z de <i>S. aurita</i> exploitée dans la région centre de la côte algérienne (FISAT II, Gayanilo et al., 2005)..... | 32 |
| Figure 12. Variation de la mortalité naturelle (M) en fonction de l'âge..... | 34 |
| Figure 13. Captures en nombre d'individus en fonction de la taille de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M..... | 38 |
| Figure 14. Captures en poids en fonction de la taille de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M..... | 38 |
| Figure 15. Variation du poids moyen virtuel en fonction de la taille de la population de <i>S. aurita</i> dans la région centre de la côte algérienne, en fonction de M..... | 43 |
| Figure 16. Mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenues par l'analyse de la VPA, de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M..... | 44 |
| Figure 17. Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne. Pour M constante..... | 45 |
| Figure 18. Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de <i>S. aurita</i> de la région centre de la côte algérienne. Pour M variable..... | 45 |
| Figure 19. Rendements et biomasses par recrue de <i>Sardinella aurita</i> de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M..... | 47 |

INTRODUCTION

Une population monospécifique possède, à tout instant, une structure qui peut être définie par des valeurs particulières d'un certain nombre de paramètres tels que le taux de croissance, le sex-ratio, la fécondité, la **mortalité**, etc. Or cette structure et ses paramètres ne sont **pas fixés** une fois pour toute. Ils peuvent changer au cours du temps et la dynamique des populations a précisément pour but d'étudier ces changements d'une façon descriptive et si possible explicative, et même prédictive en évaluant l'influence de ces changements, qui sont difficilement mesurables, sur les divers paramètres démographiques (Daget, 1976).

La dynamique des populations « classique » néglige l'effet des variations de la mortalité naturelle sur les stocks exploités. Lorsque l'on applique les modèles de dynamique (modèles globaux, modèles analytiques), le fait que les changements dans la valeur de M au cours du temps ne sont pas pris en considération, explique souvent les nombreux échecs observés dans l'analyse de l'évolution des stocks pélagiques côtiers qui, par nature, sont instables car très sensibles aux fluctuations climatiques (Brêthes et O'Boyle, 1993).

En général, les travaux sont rares sur l'impact de la mortalité naturelle sur les variations de l'abondance des espèces marines exploitées, surtout la relation entre M et la biomasse exploitable de l'espèce étudiée. En effet, les études d'évaluation de stocks négligent le plus souvent l'impact de la variation de la mortalité naturelle (M) dans leur diagnostic final sur l'état du stock.

L'objectif principal de ce mémoire est d'étudier les variations de la biomasse exploitable de la sardinelle (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) de la région centre de la côte algérienne en fonction des variations de M par âge. Et donc d'acquérir des connaissances scientifiques sur l'impact de variation de la mortalité naturelle sur la dynamique des populations et l'évaluation des stocks marins exploités. Les données de pêche sur cette espèce ont été sélectionnées à partir de la base de données de Bouaziz (2007).

Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres à savoir :

le premier concerne les généralités portant sur la sardinelle. Toujours dans cette partie, on présente les facteurs physiques du milieu de la région centre de la côte algérienne ;

la seconde partie, porte sur l'analyse de matériel et les méthodes d'étude ; et

le dernier chapitre se consacre aux principaux résultats portant sur la variation de la biomasse exploitable en fonction de la variation de la mortalité naturelle par âge du *S. aurita*, avant de les discuter et de dégager des perspectives futures de recherche sur l'impact de cette variation sur la biomasse exploitable des poissons.

GENERALITES

1 – Présentation de l'espèce

1 – 1. Position systématique

Sardinella aurita est définie par la place qu'elle occupe dans la classification zoologique comme suit :

(Ficher et *al.*, 1987) :

| | |
|--------------------|--|
| Embranchement | Vertébrés |
| Sous embranchement | Gnathostomes |
| Classe | Osteichthyens |
| Super ordre | Téléostéens |
| Ordre | Clupéiformes |
| Sous ordre | Clupéoidés |
| Famille | Clupéidés |
| Genre | <i>Sardinella</i> |
| Espèce | (<i>S. aurita</i> , Valenciennes, 1847) |

1 – 2. Morphologie

Corps allongé, généralement de section subcylindrique, parfois plus comprimé; ventre arrondi, mais avec un alignement de scutelles formant une carène faible sur le profil ventral. Opercule lisse; bord postérieur de la fente operculaire avec 2 excroissances charnues; oeil moyen; sommet du crâne avec de nombreuses stries (7-14) sur les frontopariétaux; bouche terminale; mâchoire supérieure arrondie, sans échancrure médiane; second supramaxillaire à bords supérieur et inférieur subégaux; branchiospines fines et nombreuses, plus de 80 sur la partie inférieure du premier arc branchial. Origine de la nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps; anale insérée bien en arrière de la base de la dorsale, ses 2 derniers rayons prolongés, nettement plus longs que ceux qui les précèdent; pelviennes insérées sous la dorsale et à 9 rayons (Figure 1).

Dos bleu-vert, flancs argentés, avec à mi-hauteur une ligne dorée pâle précédée d'une tache dorée en arrière de l'opercule; une tache noire distincte sur le bord postérieur de l'opercule (absence de pigments argentés sous-jacent); dorsale jaune plus ou moins foncé, ombrée sur le bord distal, à rayons antérieurs noirs, mais pas de tache noire à l'origine de la dorsale; pectorales jaune pâle mouchetée de brun; caudale jaune très clair près de la base, le reste sombre avec les pointes très foncées ou noires (Figure 2), (Ficher et *al.*, 1987).

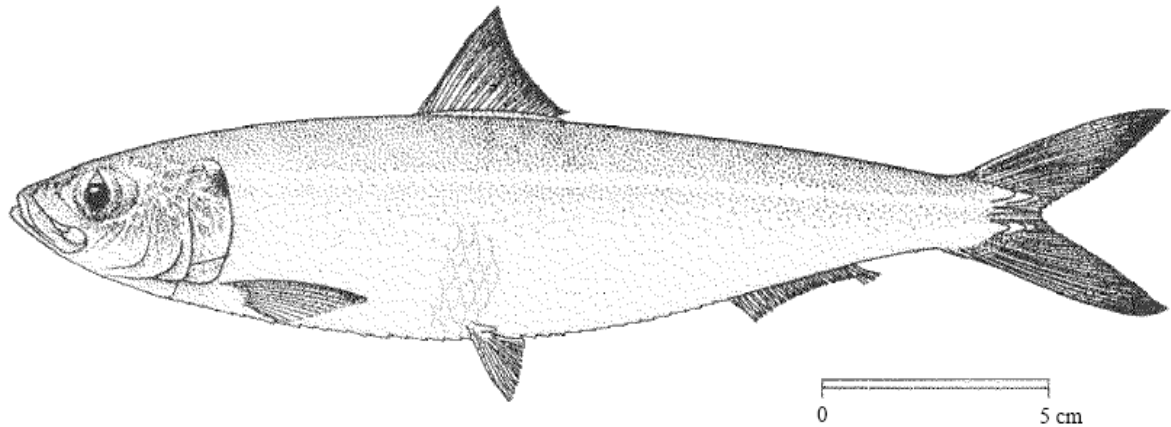


Figure 1. *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) (Ficher et al., 1987).



Figure 2. *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) (Eli, 2006)

1 – 3. Répartition géographique et bathymétrique

D'après (Bouaziz, 2007), la sardinelle est une espèce pélagique côtière, rencontrée près de la surface des eaux littorales jusqu'à 350 m de profondeur au-delà du plateau continental. Évite les eaux dessalées ($S > 35$ psu). Elle préfère les eaux non turbides de 18 à 24 °C (Ben Tuvia, 1960 ; Fréon, 1986 ; Marchal, 1991). C'est donc un poisson vulnérable aux eaux froides ou trop chaudes et se rencontre principalement au niveau des eaux tropicales.

La sardinelle peuple toutes les côtes de la Méditerranée et celles de la mer Noire. Dans l'Atlantique Oriental elle peuple toutes les côtes ouest-africaines, et à l'ouest elle se trouve du Cap Code à l'Argentine. Dans le Pacifique ouest, la sardinelle se rencontre du Japon aux Philippines (Figure 3).

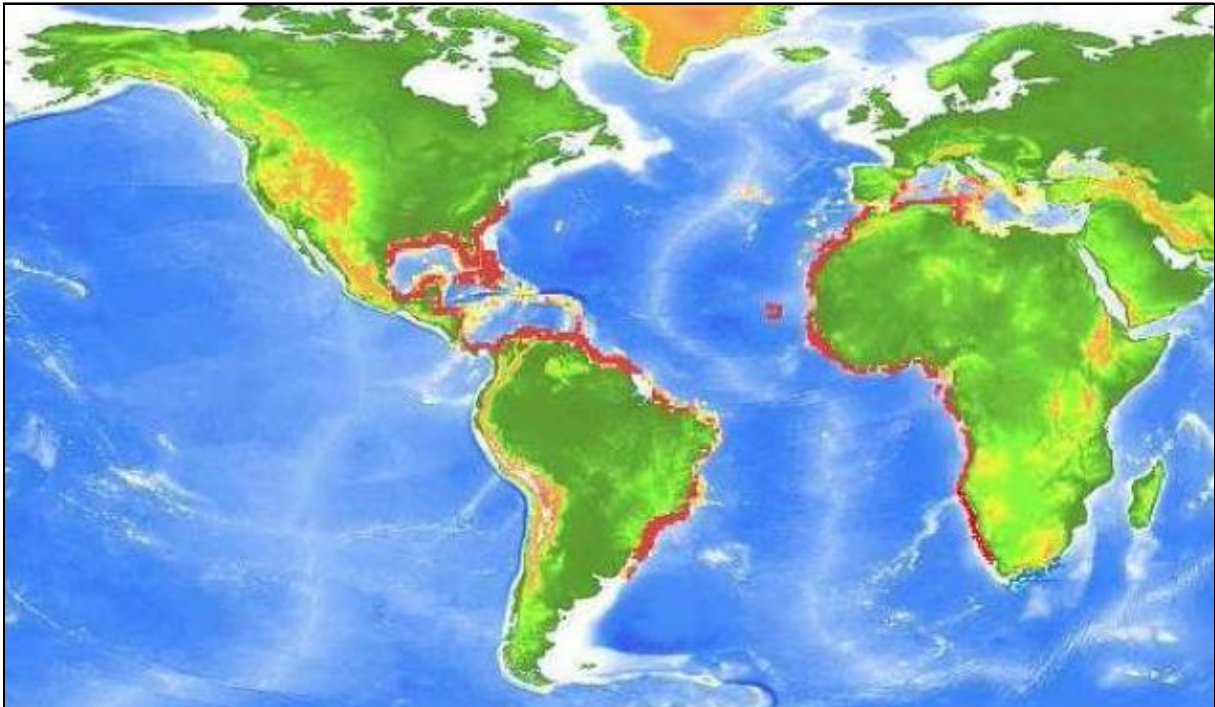
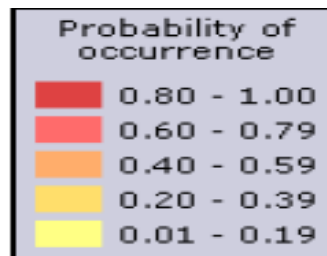


Figure 3. Distribution géographique de *S. aurita* (Valenciennes, 1847)
(D'après Smith, 1997 in Bouaziz 2007).



1 – 4. Écologie et biologie

1-4-1. Régime alimentaire

L'allache se nourrit essentiellement de zooplancton (surtout de Copépodes), de larves et alevins de poissons mais aussi de phytoplancton. Sa nourriture est assez variée. Des contenus stomacaux examinés par Poll (1953) lui ont surtout révélé des fragments amorphes constitués par du phytoplancton avec parfois des larves de Mollusques et de petits Crustacés. Cadenat (1953) travaillant sur des spécimens capturés au delà d'une centaine de mètres de profondeur dans l'Atlantique Africain, a signalé dans leur estomac une bouillie de microplancton à base de Copépodes, d'Euphausiacés et de larves de Crustacés divers au stade Nauplius (Postel, 1960).

1-4-2. Déplacements et migration

Poisson grégaire, se déplace en bancs qui effectuent des migrations saisonnières liées à la température de l'eau et à la richesse en plancton. Remonte en surface pendant la nuit (Ficher et *al.*, 1987).

1-4-3. Période de reproduction et maturité sexuelle

Se reproduit pendant toute l'année dans les eaux superficielles mais surtout de mi-juin à fin septembre en Méditerranée (Ficher et *al.*, 1987).

Les sardinelles ont un taux de mortalité naturelle élevée (Bouaziz, 2007) et une faible longévité, pouvant atteindre 5 ans selon les individus. Il s'ensuit qu'ils atteignent aussi leur maturité à un âge jeune, ce qui contribue à un taux de renouvellement des populations aussi élevé.

Dans la région centre de la côte algérienne, les individus âgés à sexes confondus, dont la taille est ≥ 19 cm, se reproduisent en juillet. Les plus jeunes émettent leurs produits sexuels en août (Bouaziz, 2007).

D'après Bouaziz (2007), l'examen du pourcentage des femelles matures en fonction de la taille, permet de fixer à 14.14 cm la taille à laquelle, dans la région centre de la côte algérienne, 50 % des sardinelles femelles sont aptes à se reproduire et toutes le sont à partir de 16.5 cm. En ce qui concerne les mâles, 13.64 cm représente la taille à laquelle 50 % de la population a atteint la maturité. Au-delà de 16.5 cm, tous les mâles rencontrés sont adultes.

Enfin, la population de *Sardinella aurita* sexes confondus atteint sa taille de première maturité (L_{50}) à 13.93 cm dans la baie de Bou-Ismaïl.

2 – Facteurs physiques du milieu

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

- la température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins, elle contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines. Elle détermine les périodes de migrations et de reproduction et bien d'autres facteurs physiologiques, surtout chez les espèces pélagiques. La température des eaux superficielles de la région centre fluctue en fonction des échanges atmosphère-mer.
- la salinité dans la baie de Bou Ismaïl est de 36.85 (p.s.u) en été et 36.47 (p.s.u) en hiver (M.E.T.A.P, 1994). Ces fluctuations sont liées selon Kadari (1994) à l'importance des précipitations en hiver (700 mm/an) et à l'évaporation en été ; et
- le vent est une des forces physiques régissant les courants et les houles. La baie de Bou Ismaïl est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduit par une prédominance des vents d'Ouest en hiver et au printemps induisant aussi des houles de grandes amplitudes et des vents de l'Est en été et début automne avec de faibles amplitudes (Asso, 1982).

MATERIEL ET
METHODES

1 – Matériel

Les données de Bouaziz (2007) nous ont permis d'avoir l'échantillonnage de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne.

L'échantillon de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne présente 7176 individus. Répartie entre 6.5 et 30.5 cm. Les classes les plus vulnérables à l'engin de pêche sont comprises entre 9.5 et 17.5 cm (Tableau 1).

Tableau 1. Distribution de fréquences de tailles de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne (Bouaziz, 2007).

| C.C (cm) | Nt | C.C (cm) | Nt |
|----------|-----|----------|-----|
| 6.5 | 1 | 19.5 | 284 |
| 7.5 | 14 | 20.5 | 294 |
| 8.5 | 155 | 21.5 | 99 |
| 9.5 | 417 | 22.5 | 531 |
| 10.5 | 557 | 23.5 | 455 |
| 11.5 | 629 | 24.5 | 372 |
| 12.5 | 522 | 25.5 | 206 |
| 13.5 | 425 | 26.5 | 50 |
| 14.5 | 380 | 27.5 | 14 |
| 15.5 | 438 | 28.5 | 3 |
| 16.5 | 485 | 29.5 | 1 |
| 17.5 | 461 | 30.5 | 2 |
| 18.5 | 381 | | |

2 – Méthodes

2 – 1. Choix des logiciels

Pour l'étude de la dynamique du stock de *Sardinella aurita*, nous avons utilisé deux logiciels recommandés par la FAO à savoir :

- **FISAT II** version 1.2.0 (Gayaniilo et *al.*, 2005) : nous l'avons introduit pour la détermination des paramètres indispensables pour l'étude de la dynamique (clé âge-longueur, paramètres de croissances, mortalités) ; et
- **VIT** (Lleonart et Salat, 2000) : ce programme 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 pêcherie méditerranéenne d'une part et présente l'avantage de fonctionner avec des pseudo cohortes, c'est à dire il exige uniquement la connaissance des captures sur un an au lieu d'une série historique d'une dizaine d'années (Lleonart et Salat, 2000 *in* Bouaziz, 2006).

2 – 2. Age et croissance

La croissance moyenne individuelle des espèces exploitées est une donnée de base pour l'étude de la dynamique de ces populations. Sa connaissance, même approximative, permet une meilleure compréhension de l'évolution des stocks en fonction des modifications apportées dans leur exploitation. Les fonctions de croissance peuvent différer d'une espèce à une autre, mais également entre deux stocks à l'intérieur de la même espèce et avoir des valeurs différentes selon les zones de répartition biogéographique (Sidibé, 2003).

Nous étudions donc ici la croissance de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne qui, il faut le rappeler vive dans un écosystème particulier, soumis essentiellement aux apports terrigènes par rapport à d'autres types d'écosystèmes de l'Atlantique ouest africain, soumis au phénomène d'upwelling.

2-2-1. Clé âge-longueur

Selon Sidibé (2003), trois approches sont généralement utilisées pour obtenir la clé âge-longueur à savoir :

- la détermination directe de l'âge : le principe général est la lecture des marques qui se forment sur les structures dures (écailles, otolithes, épines et autres pièces squelettiques). Ces marques se répartissent en deux catégories : à période longue, de l'ordre de plusieurs mois, de la saison ou de l'année, et à période courte, de l'ordre de la journée. Dans tous les cas, chez les poissons tropicaux, la lecture et, plus encore, l'interprétation de ces marques est malaisée ;
- le marquages : ils peuvent donner de bons résultats lorsque l'espèce et son environnement s'y prêtent. Toutefois, il existe toujours une incertitude qui subsiste sur la croissance et qui est liée à l'effet du stress provoqué par la pose de la marque ; et
- l'analyse des structures des tailles : elle est toujours délicate. Même avec l'aide des techniques statistiques les plus élaborées, l'analyse visant à la séparation des différentes composantes d'une distribution de tailles est souvent faite avec une interprétation plus ou moins subjective. Pour cette raison, l'emploi des méthodes d'analyse des tailles a été souvent discuté. Cependant, ces méthodes restent, malgré tout, les plus employées sur les poissons tropicaux, d'une part parce qu'elles constituent souvent le seul recours, d'autre part parce qu'elles sont les plus faciles à mettre en oeuvre.

La méthode préconisée dans ce présent travail pour la détermination de l'âge, est celle de Bhattacharya (1968). Cette méthode se base sur les distributions de fréquences de tailles. On regroupe les données de fréquences en classes de tailles d'égale amplitude « h » et de point milieu « X ». On construit un graphique portant en ordonnée, pour chaque abscisse X, la quantité:

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

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

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

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

Avec :

h : intervalle de classe (amplitude) ;

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

L_{moy} : taille moyenne de la composante (groupe d'âge).

D'après Hemida (2005), les conditions qui doivent être vérifiées afin de pouvoir appliquer cette méthode, sont :

- la distribution ne doit pas comporter d

e classes vides ; et

- l'intervalle « h » doit être petit par rapport à chacun des écarts-types.

2-2-1-1. Calcul de précision (P)

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

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

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

2-2-2. Croissance linéaire

D'après Sidibé (2003), il existe plusieurs modèles mathématiques pour exprimer la croissance au niveau des poissons. Une revue détaillée en a été faite par Beverton et Holt (1957), Ursin (1967), Ricker (1980), Gulland (1983), Pauly (1984), Sparre et Venema (1996) et Pauly et Moreau (1997). Le modèle le plus utilisé reste celui de von Bertalanffy (1938). D'après cet auteur, la croissance est considérée comme étant l'action simultanée de facteurs anaboliques (processus de synthèse, dont le taux, proportionnel aux surfaces absorbantes, tend à augmenter le poids), et de facteurs cataboliques (processus de dégradation, dont le taux, proportionnel au poids, tend à diminuer ce dernier). Ces deux facteurs interviennent continuellement et simultanément pendant toute l'existence de l'animal.

Ce modèle mathématique, exprime la longueur du poisson (L), en fonction de son âge (t) par la relation suivante :

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

Avec :

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

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

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

2-2-3. Estimation de L_{∞} pour chaque groupe d'âge

Selon Bouaziz (2004), une population halieutique, est l'ensemble des individus vivant dans un écosystème déterminé et possédant des caractères communs transmissibles par hérédité, constitue les différents âges (cohorte) d'un stock qui à son tour représente la fraction exploitable de la population d'une espèce donnée.

La population comporte en général à tout moment des animaux d'âges différents. Il apparaît ainsi une double exigence d'isolement et d'homogénéité. Ce terme d'homogénéité peut avoir deux sens : uniformité des caractéristiques individuelles ou brassage totale à l'intérieur de l'ensemble de la population. Si le second sens qui est ici évoqué, mais certains modèles font également appel au premier. Ces conditions ne sont jamais remplies intégralement, notamment en ce qui concerne l'homogénéité. Souvent, il existe à l'intérieur de la population des compartiments entre lesquels les échanges sont faibles, voire très épisodiques, on parle alors de sous-population. La distinction comporte toujours une part d'arbitraire. Une sous-population suffisamment isolée peut être considérées en pratique comme une population (Laurec et Le Guen, 1981).

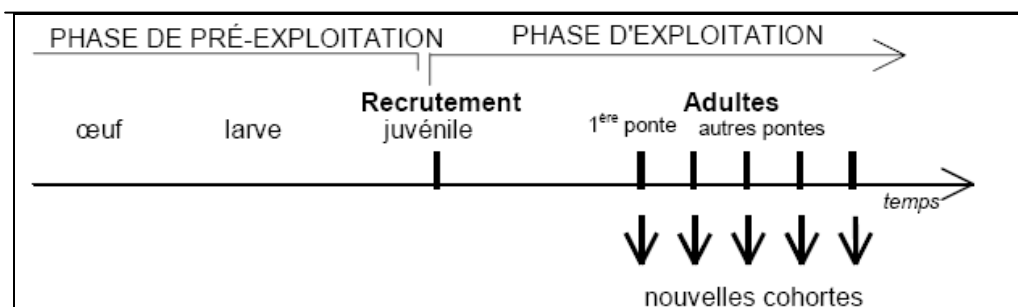


Figure 4. Cycle de vie d'une cohorte (Cadima, 2002).

Nous pouvons supposer qu'une cohorte (groupe d'âge) représente une sous-population, de ce fait, L_{∞} qui lui correspond est calculé à partir de la formule de Taylor (1962) in Pauly (1997) :

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

Avec

L_{\max} : dernière valeur de (L_t) incluse dans le calcul de la droite de régression (pente négative) dans le modèle de Bhattacharya (1968).

2-2-4. Croissance relative

L'étude de la relation taille-poids répond généralement en halieutique à deux objectifs : la détermination du poids des individus dont on connaît la taille ou inversement, et la description des formes de l'embonpoint et de ses variations au cours de la croissance. Ces buts présentent un intérêt pratique dans les problèmes d'exploitation des populations animales où il importe, pour obtenir un rendement maximum, de savoir traduire la taille en poids ou le poids en taille et de disposer d'un paramètre aisément calculable qui caractérise l'embonpoint des spécimens et son évolution au cours de l'année ou de leur vie (Sidibé, 2003)

Dans les travaux de biologie des pêches, les relations entre la longueur et le poids sont généralement exprimées sous la forme suivante :

$$W = a \cdot L^b$$

Où, W désigne le poids, L la longueur, a le facteur de condition moyen et b un coefficient proche de 3.

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

Par ailleurs, les relations taille-poids individuelles peuvent varier en fonction de multiples facteurs :

le sexe ; le stade de maturité sexuelle ; les conditions alimentaires ; et de l'échantillonnage.

2-2-5. Croissance pondérale

L'équation de croissance linéaire de von Bertalanffy et la relation taille-poids permettent d'établir l'équation de croissance pondérale. En utilisant l'âge conventionnel (t_0), cette équation pondérale pourrait s'écrire de la façon suivante :

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

Où W_t est le poids à l'âge t , W_{∞} le poids asymptotique correspondant à la longueur L_{∞} et b l'exposant de la relation taille-poids.

2 – 3. Etude des mortalités

D'après Sidibé (2003), l'étude de la mortalité est basée sur le principe qu'à chaque instant t , le nombre de survivants d'une cohorte décroît sous l'effet des phénomènes de mortalités et que le nombre d'individus qui disparaît est proportionnel à l'effectif initial de telle sorte que :

$$\frac{dN}{dt} = -Z \cdot N \quad (1)$$

Où Z est défini comme le coefficient instantané de mortalité totale.

L'intégration de cette équation permet d'avoir le nombre d'individus survivant N_t atteignant l'âge t , soit :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-Z \cdot (t-t_0)} \quad (2)$$

Où N_0 est le nombre initial d'individus au temps t_0 pris comme origine.

La diminution d'effectif d'une population exploitée de poissons est due à deux causes qui sont la mortalité naturelle et la mortalité par pêche dont les coefficients instantanés respectifs, M et F peuvent être additionnés. Ainsi, on peut démontrer que :

$$F + M = Z \quad (3)$$

En réalité, les mortalités varient généralement avec l'âge de la cohorte. Les petits (jeunes) poissons sont exposés à une plus grande mortalité naturelle parce que d'avantage de prédateurs sont capables de les manger. En revanche, les petits poissons seront sans doute moins exposés à la mortalité par pêche que des grands poissons (âgés) parce que, soit ils n'ont pas encore gagné les zones de pêche soit ils s'échappent par les mailles des engins de pêche (Sparre et Venema, 1996).

2-3-1. Mortalité totale (Z)

Le coefficient de mortalité totale Z est estimé par la méthode de la courbe des captures par classes de tailles. Les différentes méthodes d'estimation de Z qui font appel à la courbe de capture linéarisée selon les longueurs sont dérivées de la méthode des courbes de captures basées sur les âges (Ricker, 1980 *in* Sidibé, 2003).

Selon Sidibé (2003), cette méthode repose sur l'hypothèse d'un système à paramètres constants selon lequel :

- la croissance suit le modèle de von Bertalanffy ;
- la mortalité totale Z est constante pour toutes les classes d'âge exploitées ;
- le recrutement est supposé constant, autrement dit, toutes les classes d'âge ont été recrutées en quantités égales (à défaut, les variations du recrutement sont faibles et aléatoires) ;
- l'échantillon concerné est supposé couvrir toutes les classes d'âge pour représenter la structure moyenne de la population étudiée pendant l'intervalle de temps considéré (Beverton et Holt, 1956 ; Ricker, 1980) ; et
- l'effort de pêche doit être constant pendant toute la durée de vie des cohortes prises en compte dans la population étudiée.

L'hypothèse de la constante de Z durant toute la vie de la cohorte permet de calculer à tout âge le nombre de survivant par le modèle dit de décroissance exponentielle (équation 2) qui constitue avec l'équation de croissance, la base de la dynamique des populations marines exploitées [Thompson et Bell (1934) ; Fry (1949) ; Beverton et Holt (1957) ; Laurec et Le Guen (1981) ; Sparre (1987) *in* Sparre et Venema (1996)].

Selon Sidibé (2003), si l'on considère deux âges t_1 et t_2 avec t_1 inférieur à t_2 , le nombre total d'individus morts durant l'intervalle de temps Δt séparant t_1 et t_2 est donné par la différence $N_{t_1} - N_{t_2}$, et le nombre d'individus morts par pêche est défini par l'équation de capture de Thompson et Bell (1934) :

$$C_{t_1, t_2} = (F/Z) \cdot (N_{t_1} - N_{t_2}) \quad (4)$$

Où F/Z est le taux d'exploitation qui représente la fraction des décès due à la pêche. En mettant N_{t_2} sous la forme de l'équation (2), l'équation de capture devient :

$$C_{t_1, t_2} = N_{t_1} \cdot [(F/Z) \cdot (1 - e^{-Z(t_1-t_2)})] \quad (5)$$

En remplaçant N_{t_1} par l'équation (2), la linéarisation de l'équation (5) par transformation logarithmique conduit à la forme de l'équation de capture suivante :

$$\text{Ln}C_{t_1, t_2} = d - Z \cdot t_1 + \text{Ln}(1 - e^{-Z(t_1-t_2)}) \quad (6)$$

Avec la constante $d = \text{Ln} N_{t_1} + \text{Ln} (F/Z) + Z \cdot t_1$

Si le terme $t_2 - t_1$ demeure constant (par exemple $t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = t_4 - t_3 = \dots = 1$ an), le terme non linéaire de l'équation (6) devient une constante (g), laquelle peut être incluse dans le terme correspondant à l'ordonnée à l'origine.

Ainsi, si la constante (g) sera définie : $g = d + \text{Ln} [1 - \exp (-Z \cdot (t_2 - t_1))]$ et alors l'équation (6) devient :

$$\text{Ln}C_{(t_1-t_2)} = g - Z \cdot t \quad (7)$$

L'équation (7) est appelée "équation de la courbe de capture linéarisée avec intervalles de temps constants", où la pente est $-Z$. La courbe de capture ainsi linéarisée est l'une des méthodes couramment utilisées pour l'estimation de la mortalité totale Z des poissons dans les eaux tempérées lorsque l'on dispose de captures par âge (âge absolu).

Cette méthode a été particulièrement appliquée par Beverton et Holt (1956), Robson et Chapman (1961) et Ricker (1980) dans les mers du nord (Sidibé, 2003).

Pour les espèces tropicales chez lesquelles la lecture d'âge est difficile à partir des pièces dures, plusieurs auteurs ont proposé des méthodes d'approches permettant d'utiliser les fréquences de taille (Sparre et Venema, 1996).

La méthode qui sera utilisée fait appel à l'équation de croissance de von Bertalanffy "inverse" pour convertir les données de longueur en données d'âge. Ce modèle est présenté et discuté chez Pauly (1983b, 1984b et c). On l'appelle souvent courbe de capture convertie en longueur ou "courbe de capture linéarisée convertie en longueur" (Sparre et Venema, 1996).

En faisant correspondre un âge t à la taille L_1 et un âge $t+\Delta t$ à la taille L_2 on obtient l'égalité suivante :

$$C_{t, t+\Delta t} = C_{L_1, L_2}$$

Après transformation, l'équation de capture (6) prend la forme ci-après :

$$\ln (C_{L_1, L_2} / \Delta t) = a - Z.t \quad (8)$$

Où : C_{L_1, L_2} est le nombre d'individus de la classe L_1, L_2

Δt représente le temps nécessaire qu'il faut à un poisson moyen pour passer de la longueur L_1 à la longueur L_2 ; sa valeur est donnée par l'équation suivante :

$$\Delta t = 1/K . \ln [(L_\infty - L_1)/(L_\infty - L_2)]$$

Les variations $\ln (C_{L_1, L_2} / \Delta t)$ de l'équation (8) en fonction de l'âge conventionnel t donnent la courbe de capture qui montre une partie ascendante et une partie descendante. C'est cette dernière qui est utilisée pour l'estimation de la mortalité totale Z .

Les calculs sont effectués par le programme FISAT II (Gayaniilo et al. , 2005).

2-3-2. Mortalité naturelle (M) par âge

La mortalité naturelle est la mortalité occasionnée par l'ensemble des causes autres que la pêche. Parmi ces causes on peut citer : la prédation, les maladies, le stress, le manque de nourriture, la vieillesse, ainsi que d'autres causes peuvent être liées à l'écosystème (Korichi, 1988 ; Hemida, 1987 ; Mouhoub, 1986).

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

L'estimation du taux de mortalité naturelle (M) n'est pas aisée, et il est souvent impossible d'obtenir des mesures directes et exactes de M. Fritsch (2005), La mortalité naturelle M d'un stock exploité est une variable difficile à estimer, sauf quand il n'y a pas de pêche. Ce qui n'est pas le cas dans le présent travail.

En réalité, les mortalités varient généralement avec l'âge de la cohorte. Les petits (jeunes) poissons sont exposés à une plus grande mortalité naturelle parce que davantage de prédateurs sont capables de les manger.

En fin il est convenit de souligner que l'hypothèse habituelle, selon laquelle la mortalité naturelle demeure constante pour toute les classes d'âge (taille) d'une espèce et loin d'être vrai pour certaines d'entre elles. Il est évident qu'un petit poisson est exposé à une plus forte mortalité par prédation qu'un gros poisson. Cette différence de mortalité par prédation (qui pourrait bien être la cause principale de la mortalité naturelle chez les petits poissons) pourrait être tout à fait considérable (Sparre et Venema, 1996).

2-3-2-1. Méthodes d'estimation de M en fonction de l'âge

Un certain nombre de méthodes peuvent être utilisées pour estimer la mortalité naturelle. Parmi celles-ci, citons les méthodes empiriques fondées sur des caractéristiques liées à la longévité, à la croissance, à la maturation, et les conditions du milieu (T°).

Dans le présent travail, en utilise la méthode de Pauly (1980, 1984a) qui est recommandé pour les poissons pélagiques, puisque elle s'adapte mieux par apport aux autres méthodes.

2-3-2-2. Estimation de M par la méthode de Pauly

Comme Sparre et Venema (1996), il n'est pas nécessaire de supposer que M demeura constante durant toute l'existence de la cohorte. La durée de vie de la cohorte peut être divisée en un certain nombre de périodes plus courtes à l'intérieur desquelles les mortalités sont supposées demeurer constantes alors qu'elles peuvent varier d'une période à l'autre.

En estimant la mortalité naturelle au âge par l'équation empirique de Pauly (1980), qui lie la mortalité naturelle aux paramètres de croissance L_∞ et K, et à la température moyenne annuelle du milieu par l'expression suivante:

$$\text{Log}_{10}(M) = - 0.0066 - 0.279 \text{Log}_{10}(L_\infty) + 0.6543 \log_{10}(K) + 0.4634 \text{Log}_{10}(T^\circ)$$

D'après Bouaziz et *al.* (2004), ($K = [-\text{Ln}(L_\infty - Lt) / L_\infty] / (t - t_0)$) ce coefficient de croissance est une constante quelque soit l'âge du poisson.

Enfin, connaissant K, et L_∞ calculé pour chaque cohorte, alors on peut déterminer M pour chaque âge par l'équation de Pauly (1980).

Etant donnée que ce qui nous intéresse par la suite, c'est de connaître l'effet de variation de M sur les stocks de poisson, nous devons faire une distinction bien nette entre la mortalité M constante et M variable.

2-3-3. Mortalité par pêche (F)

Après avoir calculé les coefficients Z et M, la détermination de la mortalité par pêche (F) et le taux d'exploitation (E : la proportion des décès due à la pêche) se fait à partir des relations suivantes :

$$F = Z - M$$

$$E = F / Z$$

2 – 4. Exploitation (approche analytique)

Selon Fonteneau (1989), l'approche analytique consistera à estimer et à intégrer les différentes composantes biologiques moyennes des stocks :

- nombre d'individus présents à chaque âge dans le stock
- croissance pondérale de ceux-ci en fonction de l'âge
- mortalité naturelle et par pêche en fonction de l'âge

2-4-1. Analyse de populations virtuelles (VPA)

L'expression " population virtuelle " fut employée pour la première fois par Fry (1957) *in* Jones (1984). Par population virtuelle, il entendait la somme des individus d'une cohorte donnée qui, présente dans l'eau à n'importe quel instant, était appelée à être capturée par pêche pendant l'année en cours.

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

Le principe général de l'analyse de cohortes consiste à analyser ce que l'on peut observer, c'est-à-dire la capture, de manière à estimer la population qui devait se trouver en mer pour produire cette capture (Sparre et Venema, 1996).

L'objectif majeur de l'analyse des populations virtuelles est la détermination de l'effectif d'une cohorte (N_i) et les coefficients de mortalité par pêche (F_i) pour les différentes classes (tailles ou groupes d'âge), tout en tenant compte aussi bien des captures par classes, que des pertes occasionnées par différentes causes naturelles (Jones, 1984).

Par analogie, la VPA peut être considérée comme une sorte d'analyse de pseudocohortes. Cette dernière constitue l'ensemble des individus observés à des âges successifs, non pas d'année en année au fil de la vie d'une cohorte vraie, mais d'une année donnée (Mesnil, 1988 *in* Sidibé, 2003).

Au cours d'une analyse de cohorte, l'estimation des effectifs du stock à chaque taille ou à chaque âge ainsi que celle des coefficients instantanés de mortalité par pêche correspondant, se font par la résolution d'un système à deux équations (équation de survie et équation de capture). Ces deux équations ont été largement utilisées par plusieurs auteurs. Dans le cas d'une

analyse par classes de tailles, elles se présentent sous la forme suivante :

$$N_{i+1} = N_i \cdot e^{-Z_i(\Delta t)} \quad (9)$$

$$C_i = N_i (F_i / Z_i) (1 - e^{-Z_i(\Delta t)}) \quad (10)$$

Où :

i : indice de la classe de longueur ;

N_i : nombre d'individus dans le stock ayant atteint la longueur L_i ;

C_i : nombre d'individus décédés suite à la pêche dont la taille est comprise entre L_i et L_{i+1} ;

Δt : temps moyen qu'il faut à un poisson pour passer de la longueur L_i à la longueur L_{i+1} ;

F_i : coefficient instantané de mortalité par pêche de la classe i ;

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

M : est le coefficient de mortalité naturelle.

Pour n classes de taille, l'analyse s'appuie donc sur un système de $2n$ équations comportant $2n+1$ inconnus (Les N_i , pour $i = 1, n+1$ et les F_i pour $i = 1$ à n).

Les données, les inconnues et les équations des calculs sont cosignées dans la figure 5 (les flèches représentent les équations).

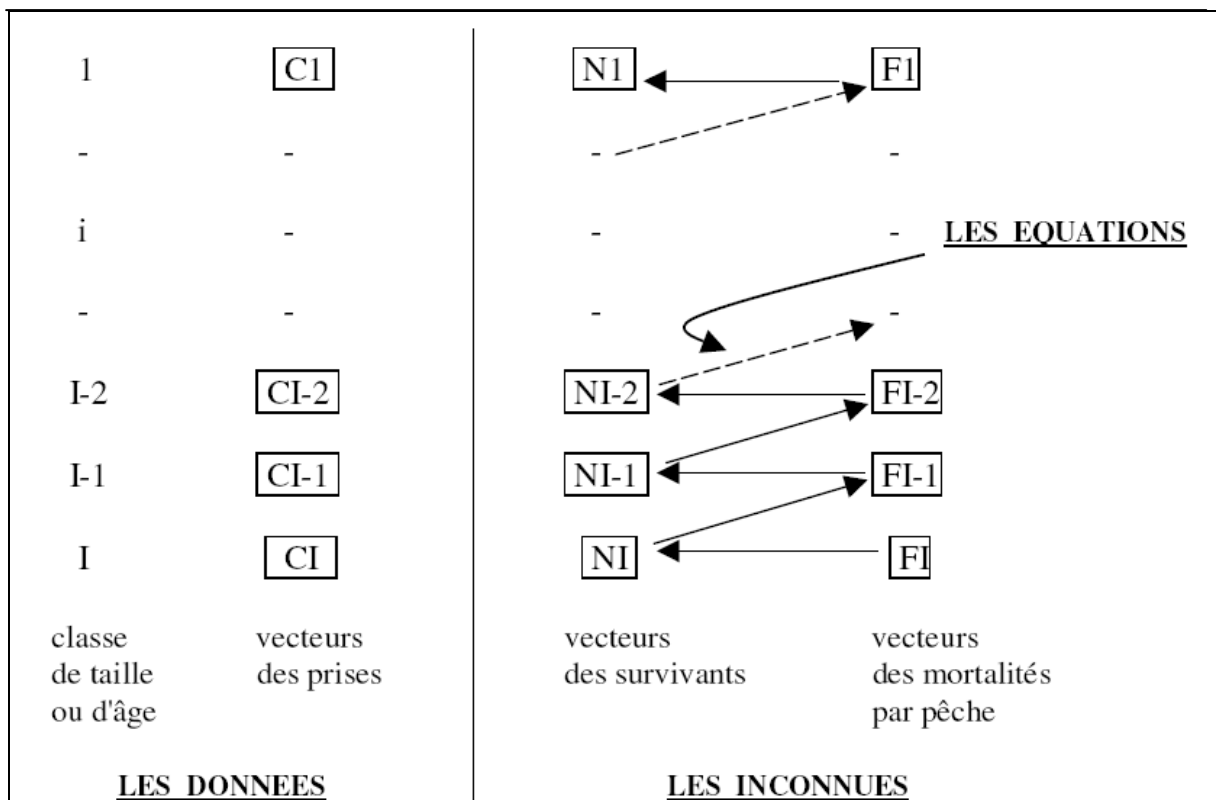


Figure 5. Schéma simplifié de l'analyse des cohortes des populations marines exploitées (Sidibé, 2003)

On dispose ainsi d'un système d'équations liant les valeurs successives des N_i et F_i . Pour résoudre ce système, l'une des inconnues doit être fixée. Il s'agit généralement du coefficient de mortalité par pêche de la dernière classe d'âge ou de taille (F_t : terminal). Les effectifs de la cohorte étant particulièrement difficile à évaluer directement, le coefficient de mortalité par pêche est le plus souvent estimé. C'est le processus d'initialisation de l'analyse de cohortes (Mesnil, 1988 *in* Sidibé, 2003).

Dans la pratique cette initialisation s'effectue sur la classe de tailles (ou d'âges) la plus grande de la cohorte et la résolution séquentielle du système se fait en remontant vers les classes de tailles les plus petites. Jones (1983), a montré que si on procède de cette façon, l'erreur relative éventuellement commise en estimant le paramètre d'initialisation (F_t : terminal) tend à s'estomper au fur et mesure que l'on atteint les classes les plus petites ; et que les résultats obtenus sur les coefficients F de ces classes convergent rapidement vers les vraies valeurs.

C'est la propriété dite de "convergence" de la méthode. Cette convergence est d' autant plus forte que le stock est fortement exploité.

Le choix de la valeur d'initialisation modifie donc très peu le diagnostic final par le fait de cette propriété de convergence des mortalités par pêche lors de l'analyse ascendante. Le choix du F_t terminal dépendrait donc de critères logiques et de connaissances générales de la pêcherie.

2-4-1-1. Paramètres requis pour l'application de la VPA

L'application de la VPA (Figure 6) nécessite l'introduction des paramètres suivants dans le programme VIT (Lleonart et Salat, 2000) :

- paramètres de croissance 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 matures de chaque classe de tailles ;
- l'effectif de captures pour chaque classe de taille calculé à partir de l'effectif total des captures ; et
- la production annuelle.

Chauvet (1986) *in* Bouaziz (2007), considère que d'une façon générale, les modèles employés par la dynamique des populations sont très sensibles aux changements des valeurs des paramètres retenus.

Afin d'appliquer "l'Analyse de Populations Virtuelles", un programme informatique a été élaboré: VIT (Lleonart et Salat, 1992). Toutes les données biologiques relatifs au *S. aurita* ont été compilées à l'aide du logiciel VIT récemment amélioré (Lleonart et Salat, 2000) dans le cadre du projet FAO/COPEMED et fonctionnant sous Windows.

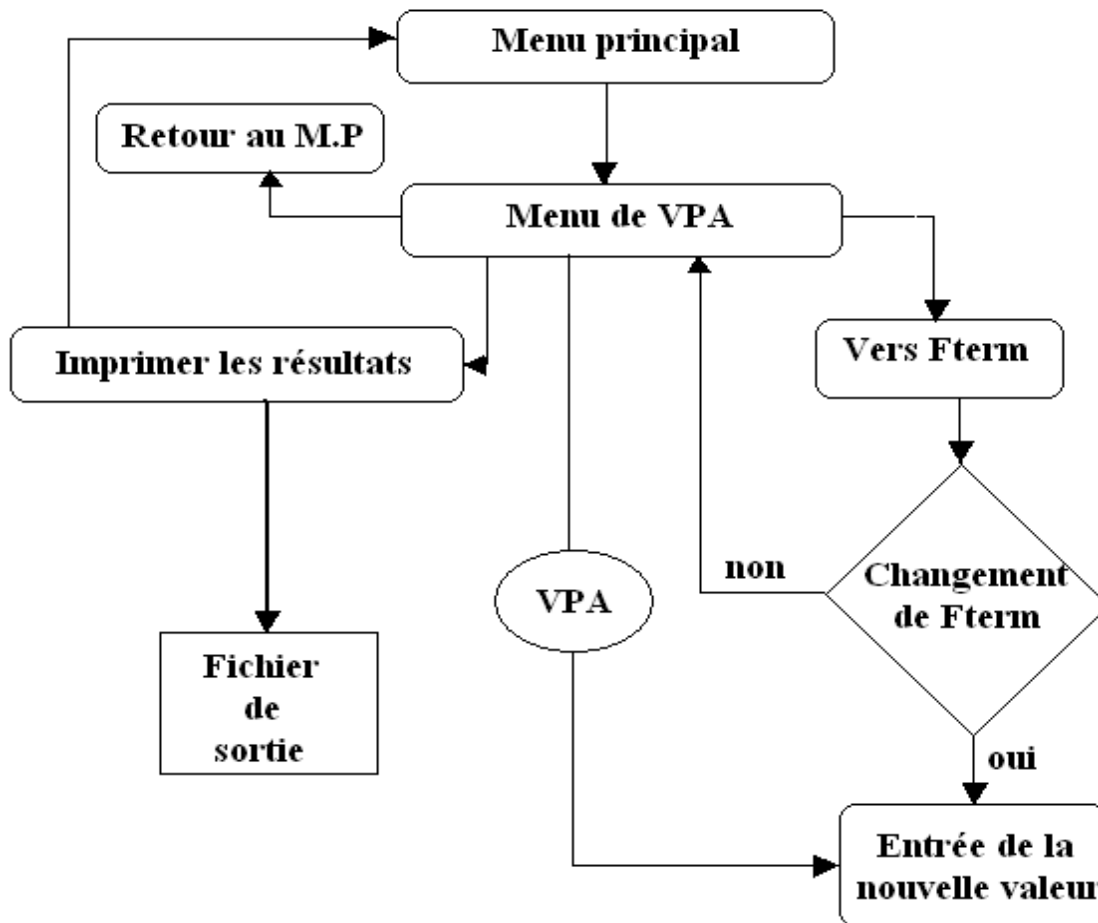


Figure 6. Diagramme de la VPA (Leonart et Salat, 2000)

2-4-2. Modèle de rendement par recrue

Nous avons étudié pour la sardinelle de la région centre de la côte algérienne, les différents paramètres nécessaires à l'élaboration d'un modèle structural (rendement par recrue) à partir duquel on pourra mieux comprendre comment le stock réagit à la pêche. Ainsi, les résultats de l'analyse de pseudo-cohortes sont utilisés pour établir des diagnostics en terme de rendement par recrue et de biomasse par recrue.

Le principe de base d'un diagnostic de rendement par recrue est de permettre la quantification du potentiel de production d'un diagramme d'exploitation quelque soit le niveau du recrutement. En d'autres termes, et d'après Sidibé (2003) les rendements par recrue permettent de savoir si le régime d'exploitation permet de tirer un bon parti de chaque poisson entrant dans la pêcherie et si le recrutement est utilisé de façon satisfaisante.

En considérant une cohorte hypothétique entrant dans la pêcherie avec un recrutement quelconque R , on peut suivre, grâce à l'équation de survie (équation 9), les effectifs d'une cohorte tout au long de sa vie. En connaissant en plus un vecteur de poids aux tailles (ou aux âges), l'équation de capture (équation 10) permet de calculer chaque année les captures pondérales et donc le poids total Y des captures que le diagramme d'exploitation aura permis de tirer du recrutement R . On peut alors calculer le rendement par recrue Y/R (en grammes par recrue) en divisant la production totale Y par le recrutement R .

En fin, les calculs de biomasse, de biomasse féconde et de rendement par recrue à l'aide de programme VIT (Lleonart et Salat, 2000), sont menés à partir :

- les paramètres de croissance de l'équation de Van Bertalanffy ;
- du vecteur de mortalité par pêche F par classe de taille issu de l'analyse de pseudo-cohorte (analyse de VPA) ;
- les valeurs de mortalité naturelle estimée par la méthode de Pauly ;
- les fréquences de tailles de *S. aurita*;
- la relation taille/poids ;
- pourcentage des individus matures *S. aurita* (données de Bouaziz, 2007) ; et
- la production annuelle de la sardinelle dans la région centre de la côte algérienne pour l'année 2004 qui est de l'ordre de 17850 tonnes (Bouaziz, 2007).

RESULTATS ET DISCUSSION

1 – Clé âge-longueur

L'application de la méthode de Bhattacharya (1968) par le FISAT II 1.2.0 (Gayanilo et *al.*, 2005), nous a permis d'obtenir les résultats consignés dans le tableau 2 et les figures 7 et 8.

Tableau 2. Clé âge-longueur de sardinelle de la région centre de la côte algérienne (FISAT II, Gayanilo et *al.*, 2005)

| Age (an) | Intervalle de confiance de la taille (cm) (pour $\alpha = 5\%$) | Ni | r^2 | s.d. | S.I. |
|----------|--|------|-------|------|------|
| 1 | 11.18 \pm 0.52 | 2295 | 0.915 | 1.27 | n.a. |
| 2 | 16.67 \pm 0.088 | 3376 | 0.860 | 2.61 | 2.83 |
| 3 | 20.28 \pm 0.04 | 1058 | 0.755 | 0.65 | 2.22 |
| 4 | 24.03 \pm 0.05 | 1713 | 0.789 | 1.1 | 4.29 |
| 5 | 26.54 \pm 0.25 | 67 | 0.990 | 1.04 | 2.35 |

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

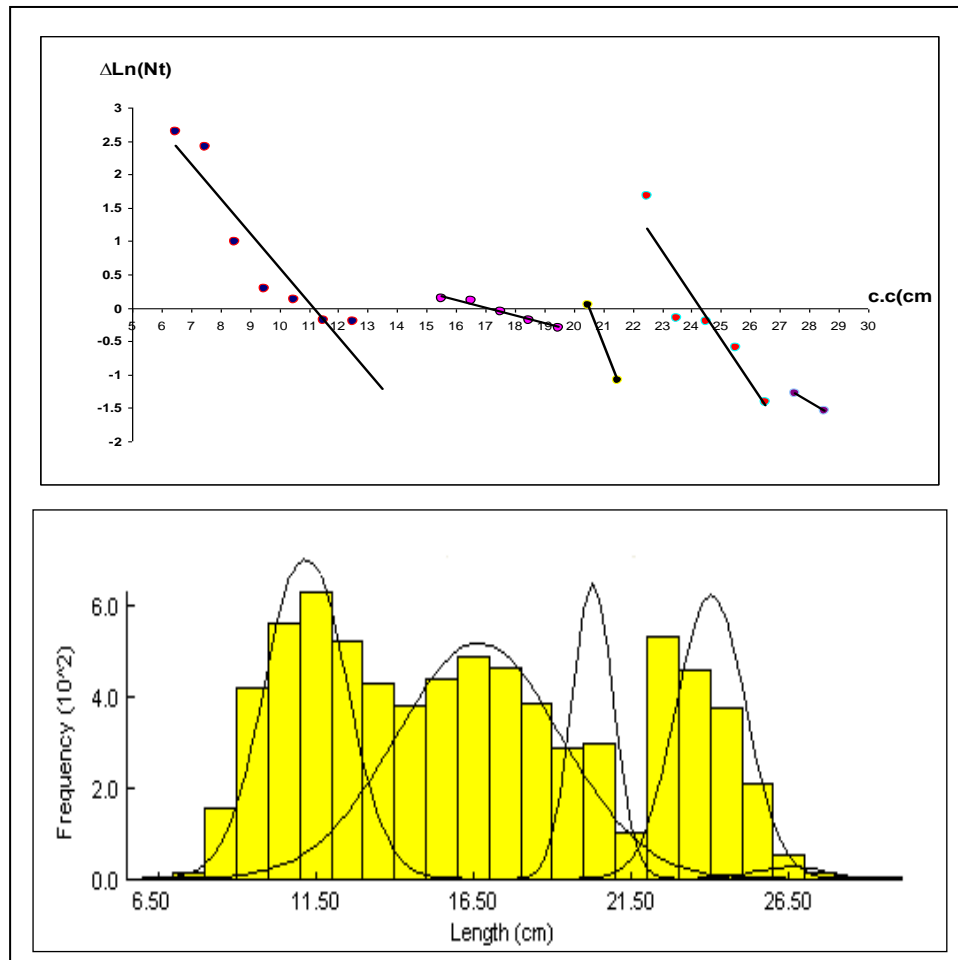


Figure 7. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles de *S. aurita* tous sexes confondus par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, Gayanilo et *al.*, 2005)

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

| Auteurs | Zone d'étude | Sexe | Clé âge-longueur (an-cm) | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | | I | II | III | IV | V | VI |
| Tsikliras et <i>al</i> (2005) | Grèce | M, F | 15.32 | 19.12 | 21.41 | 22.79 | 23.61 | - |
| Bebars (1981) | Egypte | M, F | 12.35 | 17.01 | 19.44 | 21.9 | 23.62 | 25.5 |
| Ben Tuvia (1956) | Palestine | M, F | 11.2 | 15.8 | 19.2 | 21.7 | 23.4 | 25.7 |
| Bouaziz et <i>al.</i> (1998) | Algérie | M | 8.8 | 15 | 17.3 | 19.5 | 19.9 | - |
| | | F | 8.8 | 15.1 | 19 | 21.4 | 22.3 | - |
| Présent travail | Région centre de la côte algérienne | M, F | 11.18 | 16.67 | 20.28 | 24.03 | 26.54 | - |

L'analyse du Tableau 3 montre que les résultats obtenus dans cette étude concordent avec ceux de Ben Tuvia (1956) et Bebars (1981) ayant travaillé respectivement en Palestine et en Egypte.

Il est évident que la sardinelle (*Sardinelle aurita*, Valenciennes 1847) présente une faible longévité (maximum 6 ans), ce fait est une caractéristique des petits pélagiques en général et des clupéidés en particulier (Pauly et Moreau, 1997).

2 – Etude de la croissance

2– 1. Paramètres de croissance linéaire

Les couples de données âge-longueur obtenus par la méthode indirecte de Bhattacharya (1967), ont été introduits dans le programme FISAT II (Gayanilo et *al.*, 2005), pour le calcul des paramètres de l'équation de croissance de von Bertalanffy (1938).

Les paramètres de croissance linéaire estimés sont donnés dans le tableau 4.

Tableau 4. Paramètres de croissance linéaire de von Bertalanffy (FISAT II, Gayanilo et *al.*, 2005).

| Espèce | Paramètres | | |
|------------------|-------------------|--------|------------|
| | L_{∞} (cm) | K / an | t_0 (an) |
| <i>S. aurita</i> | 29.85 | 0.41 | 0 |

Les paramètres de croissance conduisent à l'expression de l'équation de von Bertalanffy suivante :

$$L_t = 29.85 \cdot (1 - e^{-0.41 t})$$

La longueur asymptotique (L_∞) de *Sardinella aurita*, estimée à 29.85 cm (Figure 9), demeure inférieure à celle obtenue par l'équation classique de von Bertalanffy (1938) pour la même espèce et la même zone d'étude ($L_\infty = 34.96$ cm, Bouaziz *et al.*, 2001).

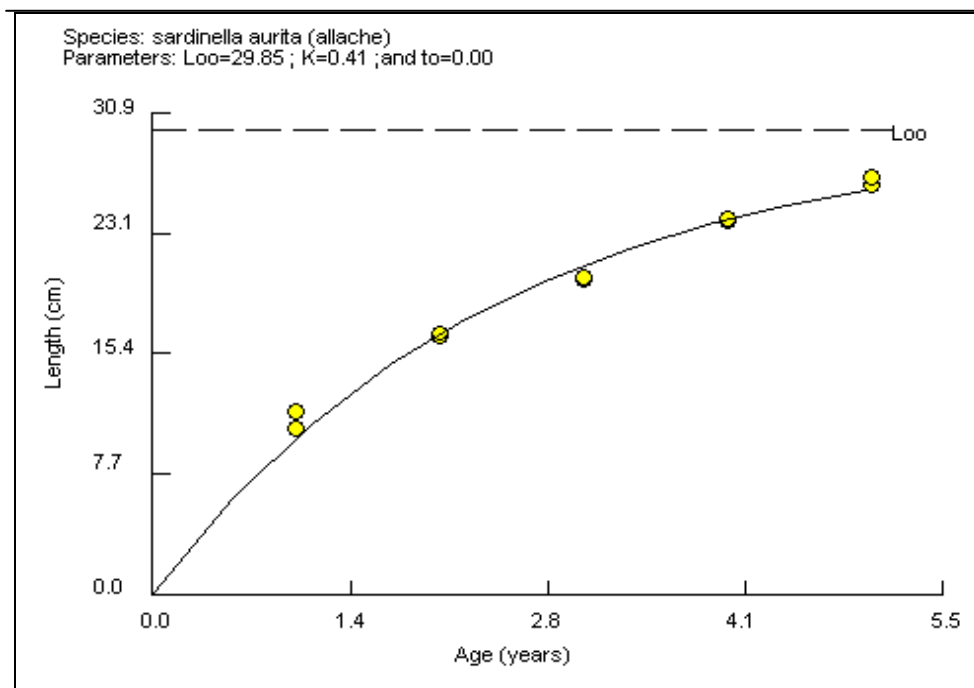


Figure 8. Courbe de croissance linéaire obtenue par l'équation de von Bertalanffy de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

On constate que la courbe de croissance linéaire obtenue par l'équation de von Bertalanffy donne une croissance un peu plus rapide pour une espèce pélagique comme la sardinelle.

Tableau 5. Paramètres de l'équation de von Bertalanffy de *Sardinella aurita* d'après la littérature.

| Auteur | Zone d'étude | Méthode utiliser | Sexe | T _{max} (an) | L _{max} (cm) | L _∞ (cm) | K /an | to |
|------------------------|-------------------------------------|------------------|------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------|--------|
| Navarro (1932) | Iles Baléares | - | M, F | 4 | 23.8 | 27.54 | 0.458 | -0.382 |
| Ananiades (1952) | Mer Egée | S | M, F | 5 | 26.00 | 32.57 | 0.288 | -0.579 |
| Ben Tuvia (1956) | Palestine | - | M, F | 6 | 25.7 | 31.10 | 0.250 | -1.800 |
| Bebars (1981) | Egypte | LF | M, F | 6 | 25.5 | 33.11 | 0.1356 | -1.377 |
| Gaamour et al (2001) | Tunisie | O | M | 7 | 26.78 | 26.42 | 0.265 | -1.920 |
| | | | F | 7 | 27.35 | 29.73 | 0.239 | -2.100 |
| Gaamour et al (2004) | Tunisie | O | M | - | - | 23.4 | 0.295 | -1.9 |
| | | | F | - | - | 26.3 | 0.231 | -2.1 |
| Gaamour et al (2001) | Tunisie | O | M, F | 7 | 27.35 | 31.32 | 0.240 | -2.580 |
| Bouaziz et al (1998) | Algérie | LF | M | 5 | 23.50 | 20.70 | 0.691 | -0.194 |
| | | | F | 5 | 25.50 | 24.24 | 0.540 | -0.170 |
| Bouaziz et al (2001) | Algérie | LF | M, F | 4 | 25.50 | 34.96 | 0.236 | -0.707 |
| Tsikliras et al (2005) | Grèce | LF | M, F | 5 | 25.00 | 24.87 | 0.509 | -0.881 |
| Sennai Cheniti (2003) | Algérie | LF | M, F | - | - | 25.48 | 0.502 | - |
| Présent travail | Région centre de la côte algérienne | LF | M, F | 5 | 30.5 | 29.85 | 0.41 | 0 |

L'analyse du Tableau 5 permet de conclure :

- un rapprochement entre les résultats de la présente étude et ceux trouvés en Méditerranée et notamment avec ceux de Navarro (1932) dans les Iles Baléares et de Ben Tuvia (1956) en Palestine ; et
- une divergence avec les autres résultats. Ceci peut être attribué à la différence des méthodes utilisées pour la détermination de l'âge. Cette même divergence peut aussi être causée par les conditions de milieu qui varient d'un secteur à l'autre et notamment la température et la richesse des eaux (Curry et Fontana, 1988).

2 – 2. Relation taille-poids

Selon Bouaziz (2007), le test de t basé sur la comparaison de deux pentes, fournit des valeurs supérieures à 1.96 pour $\alpha = 5\%$. Ce résultat permet de conclure que *Sardinella aurita*, capturée dans la zone d'étude, se caractérise par une allométrie, entre le poids (Wt) et la longueur totale (Lt), de type majorante.

Tableau 6. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale de *S. aurita* (Bouaziz, 2007).

| | Relation d'allométrie | Effectif | r | t cal ($\alpha = 5\%$) |
|------------------------|----------------------------------|-----------------|----------|--|
| Sexes confondus | $W_t = 0.00321 \cdot L_t^{3.28}$ | 330 | 0.999 | 38.14 |

La pente (b) = 3.28, L'ordonnée à l'origine (a) = 0.00321

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

$W_{\infty} = a * L_{\infty}^b \Rightarrow W_{\infty} = 0.00321 * 29.85^{(3.28)}$ (équation de la relation taille – poids).

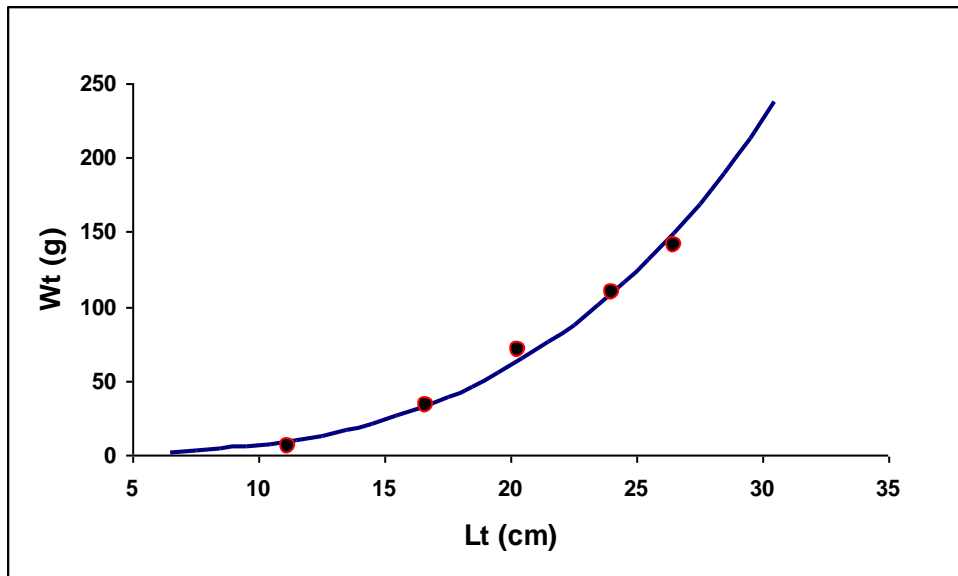


Figure 9. Relation taille-poids pour la sardinelle de la région centre de la côte algérienne.

2 – 3. Croissance pondérale

La combinaison de l'équation de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) avec la relation d'allométrie de type : $W = a(L)^b$ conduit à l'expression de croissance pondérale suivante :

$$Wt = 220.96 * (1 - e^{-0.41t})^{3.28}$$

Les résultats de la courbe de croissance pondérale regroupés sont donnés dans le tableau 7 et la figure 11.

Tableau 7. Poids moyen (grammes) à divers âges de *S. aurita* exploitée dans la région centre de la côte algérienne.

| Age (ans) | Wt (g) |
|-----------|--------|
| I | 6.2 |
| II | 32.91 |
| III | 71.09 |
| IV | 108.93 |
| V | 140.61 |



Figure 10. Courbe théorique de croissance pondérale de *Sardinella aurita* (sexes confondus).

Tableau 8. Poids asymptotiques (W_{∞}) de *Sardinella aurita* d'après la littérature.

| Auteurs | Zone d'étude | Sexe | W_{∞} (g) |
|-----------------------|-------------------------------------|------|------------------|
| Bebars (1981) | Egypte | M, F | 311.35 |
| Kartas (1981) | Tunis | M, F | 198.18 |
| Bouaziz et al. (1998) | Région algéroise | M | 61.12 |
| | | F | 102.39 |
| Présent travail | Région centre de la côte algérienne | M, F | 220.96 |

Le tableau 8 montre que le poids asymptotique trouvé dans la présente étude est différent de ceux trouvés par Bebars (1981) en Egypte et de Bouaziz et al. (1998) en Algérie, et proche de celui de Kartas (1981) en Tunis. Ceci est dû sans doute à la divergence des résultats obtenus pour L_{∞} et les paramètres de la relation taille-poids (a et b).

3 – Etude des mortalités

3 – 1. Mortalité totale (Z)

La valeur estimée du coefficient de mortalité totale (Z) est donnée dans le Tableau 9. La figure 12 présente la courbe de capture obtenue pour la sardinelle de la région centre de la côte algérienne.

D'après Sparre et Venema (1996), 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 ; et
- à mesure qu'on approche de L_{∞} la relation entre l'âge et la longueur devient incertaine.

Tableau 9. Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de la courbe de capture a l'aide de FISAT II (Gayaniilo et al. , 2005) pour *S. aurita* exploitées dans la région centre de la côte algérienne.

| Espèces | Coefficient de mortalité totale (Z) |
|--------------------------|-------------------------------------|
| <i>Sardinella aurita</i> | 2.11 /ans |

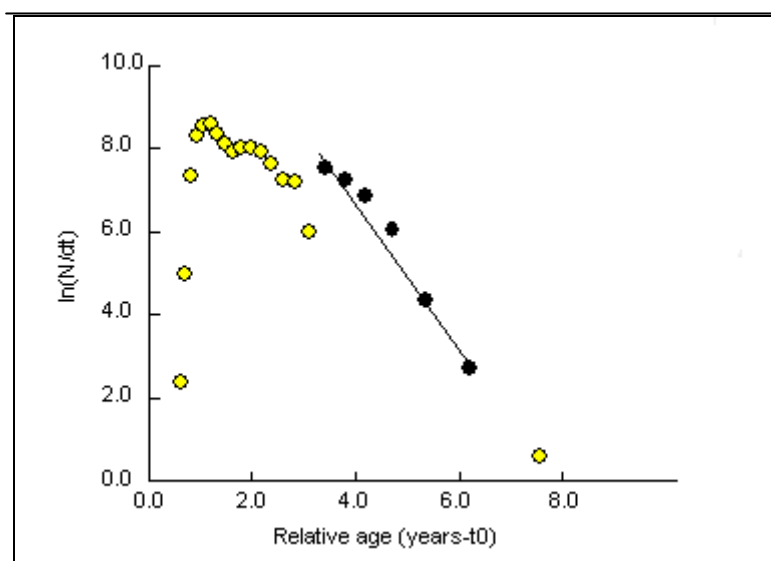


Figure 11. Courbe de capture pour l'estimation de Z de *S. aurita* exploitée dans la région centre de la côte algérienne (FISAT II, Gayaniilo et al., 2005).

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

Toutefois, il est admis que l'objectif recherché n'est cependant pas d'obtenir de valeur exacte mais d'ordres de grandeur et de valeur relative qui nous permettront par la suite d'apprécier le sens de l'évolution des captures si des changements notables interviennent dans la pêche.

Tableau 10. Mortalités totale estimées par d'autres auteurs dans différentes régions.

| Auteurs | Zone d'étude | Sexe | Z /an |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------|--------------|
| Bouaziz <i>et al.</i> (2001) | Région centre de la côte algérienne | M, F | 2.22 |
| Chavance <i>et al.</i> (1985) | Oran | M | 1.79 |
| | | F | 1.47 |
| Bebars (1981) | Egypte | M, F | 0.993 |
| Sennai Cheniti (2003) | Ghazaouet | M, F | 0.69 |
| Présent travail | Région centre de la côte algérienne | M, F | 2.11 |

La mortalité totale (Z) diffère d'un auteur à un autre et d'une région à une autre (Tableau 10).

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

La divergence entre nos résultats et ceux de Bebars (1981) et de Sennai Cheniti (2003), peut être due aux choix des méthodes de calcul, et des conditions d'exploitations des stocks.

3 – 2. Mortalité naturelle (M)

3-2-1. Estimation de M par la méthode de Pauly pour chaque groupe d'âge

La mortalité naturelle (M) est une composante importante de toute évaluation d'un stock de poisson selon l'âge. Habituellement, la valeur de M est fixe (valeur constante) dans les évaluations analytiques des stocks de poissons, cette valeur étant établie selon les caractéristiques naturelles du cycle biologique de ces stocks.

La mortalité naturelle est une variable avec l'âge du poisson et avec les années. Nous présentons dans le Tableau 11 et la figure 13, les valeurs de M estimées par l'équation empirique de Pauly (1980, 1984a) pour la sardinelle de la région centre de la côte algérienne.

Les mortalités naturelles les plus élevées sont observées chez les premiers groupes d'âges, alors que la plus faible valeur de M, se rencontre chez les derniers groupes d'âges.

Tableau 11. Coefficients de mortalité naturelle (M) estimé par la méthode de Pauly pour chaque groupe d'âge.

| Avec : $T^{\circ} = 18^{\circ}C$ (Bouaziz, 2007) | | | | | Méthode de Pauly | |
|--|----------|-------|------|-------------------|----------------------|--------------|
| Âge (an) | Lt' (cm) | N moy | Lmax | L_{∞} (cm) | $\text{Log}_{10}(M)$ | M /an |
| 1 | 11.18 | 2295 | 12.5 | 13.1579 | 0.00948475 | 1.022 |
| 2 | 16.67 | 3376 | 19.5 | 20.5263 | -0.044397 | 0.903 |
| 3 | 20.28 | 1058 | 21.5 | 22.6316 | -0.0562277 | 0.879 |
| 4 | 24.03 | 1713 | 26.5 | 27.8947 | -0.081563 | 0.829 |
| 5 | 26.54 | 67 | 30.5 | 32.1053 | -0.098597 | 0.797 |

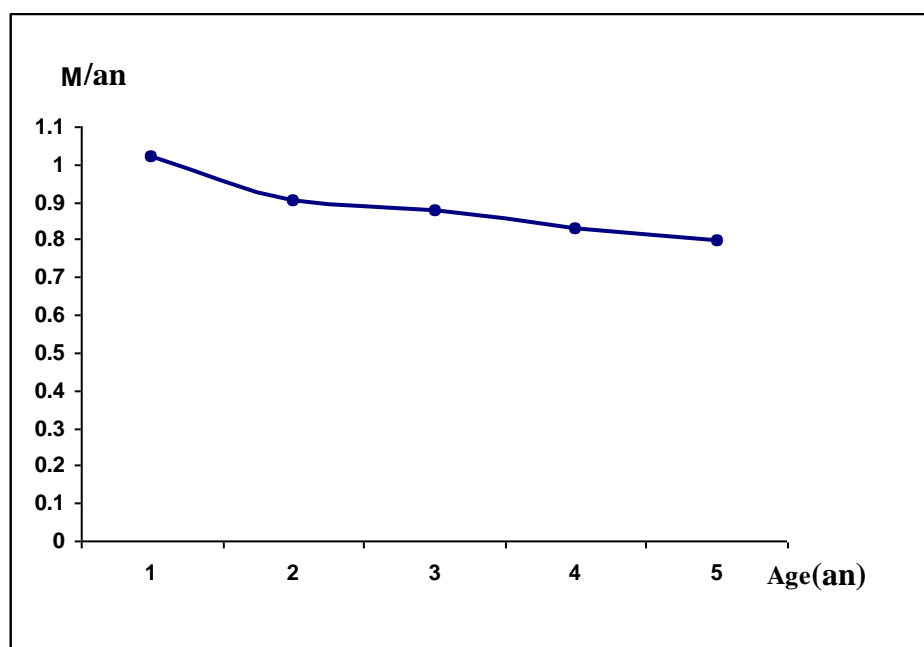


Figure 12. Variation de la mortalité naturelle (M) en fonction de l'âge.

L'analyse de la figure 13 montre que la mortalité M diminue rapidement jusqu'à l'âge 2 ensuite lentement jusqu'au dernier âge. Comme Bouaziz *et al.* (2004), ceci confirme le fait que les jeunes recrues sont très vulnérables aux changements éventuels des conditions du milieu d'une part, et surtout exposées à une forte prédation d'autre part.

Caddy (1996), montre que la mortalité naturelle diminue rapidement de très hautes valeurs dans l'oeuf et les stades larvaires à un niveau relativement constant autour de l'âge de la maturité. Les taux de mortalité de très fortes valeurs de la première année de vie baissent vers une faible valeur pour les adultes, qui peuvent raisonnablement être considérés comme constants.

Les phases de la vie de chaque cohorte qui précèdent le recrutement à la zone de pêche (oeuf, larve, pré-recrues), sont des phases importantes de leur cycle de vie, mais, généralement, elles ne sont pas sujettes à l'exploitation, les variations d'abondance étant dues essentiellement à la prédation et aux facteurs de l'environnement (vents, courants, température, salinité...). La mortalité dans ces phases de non-exploitation est normalement très élevée surtout pendant la dernière phase larvaire (Cushing, 1996 *in* Cadima, 2002) résultant, ainsi, en une survie très réduite jusqu'au recrutement.

D'après Moreau et *al.* (1984), chez les jeunes individus, existe deux causes de mortalité naturelle : la prédation dont l'influence diminue avec l'âge de la proie et l'ensemble des stress physiologiques (maladies, pénuries alimentaire, stress écologiques) dont l'impact sur la démographie peut être en première approximation admis constant, au moins dans la tranche d'âge étudiée.

Pour le stock de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne, la valeur de M doit être estimée pour chaque sous-population (groupe d'âge), avant l'analyse de cohortes (VPA) et l'ajustement des modèles structuraux d'évaluation, afin de se rapprocher le mieux de la réalité.

3-2-2. Estimation de M par la méthode de Pauly pour toute la population

A l'aide de programme FISAT II (Gayani et *al.*, 2005), on a constaté que la mortalité naturelle estimée par l'équation empirique de Pauly (1980, 1984a), pour toute la population (0.81 an^{-1}), est presque égale ou relativement proche de la moyenne des mortalités naturelles des cinq groupes d'âges (0.88 an^{-1}), de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne.

Tableau 12. Mortalité naturelle de *Sardinella aurita* estimée par quelques auteurs.

| Auteur | Région | Sexe | M /an |
|-------------------------------|-------------------------------------|------|-------|
| Bebars (1981) | Egypte | M, F | 0.993 |
| CGPM (1988) | Tunis | M, F | 0.76 |
| Chavance et <i>al.</i> (1985) | Algérie | M | 0.703 |
| | | F | 0.593 |
| Présent travail | Région centre de la côte algérienne | M, F | 0.81 |

La mortalité naturelle (M) diffère d'un auteur à un autre et d'une région à une autre ; ceci revient à la divergence des paramètres utilisés pour sa détermination.

Selon Korichi (1988), la température du milieu et les paramètres de l'équation de von Bartalanffy sont les principales sources de variations des valeurs de la mortalité naturelle (Tableau 12).

Ursin (1967) *in* Pauly(1985), montre que la mortalité naturelle dépend à la fois de facteurs physiologiques (maladies, vieillesse), de facteurs environnementaux (température, courants...) et de facteurs dus aux hasards (rencontre avec d'éventuels prédateurs).

Laurec et le Guen (1981) décrivent la réforme comme le processus inverse du recrutement, qui conduit les individus à quitter définitivement les lieux de pêche au-delà d'un certain âge.

3-2-3. Mortalité par pêche (F)

Le coefficient de mortalité par pêche (F) est estimé à 1.3 an^{-1} , à partir des valeurs de Z et M calculées ci-dessus.

Le coefficient de mortalité par pêche est relativement élevé après le plein recrutement et est généralement supérieur à celui de la mortalité naturelle.

4 – Exploitation

4 – 1. Analyse du stock de *S. aurita* en fonction de M

L'étude de l'analyse de la pseudo-cohortes à l'aide du programme VIT (Lleonart et Salat, 2000) nous a permis d'obtenir des résultats relatifs à l'exploitation de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne.

4-1-1. Captures en nombre d'individus et en poids

Le tableau 13 et les figures 14 et 15 représentent les captures subies par le stock de *Sardinella aurita* de la région centre de la côte algérienne, et ceci en nombre et en poids en fonction de M.

Soit M constante ou variable, l'exploitation de *Sardinella aurita* se fait essentiellement sur l'âge 4. Ce sont les individus appartenant à la classe de tailles 22.5 cm. Leur poids total moyen est de 2666.6 tonnes correspondant à une capture de 30.6 millions d'individus environ.

La taille moyenne et l'âge moyen de capture de *Sardinella aurita* sont respectivement de 16.52 cm et de 2.19 ans.

Tableau 13. Captures en nombre d'individus et en poids en fonction de la taille de *Sardinella aurita* de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M. (VIT, Lleonart et Salat, 2000)

| C.C. (cm) | Les captures en nombre | | Les captures en poids (g) | |
|-----------------|------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|
| | M constante | M variable | M constante | M variable |
| 6.5 | 57634.78 | 57643.19 | 86293.32 | 86225.92 |
| 7.5 | 806886.94 | 807004.61 | 1928518.6 | 1927184.87 |
| 8.5 | 8933391.14 | 8934693.86 | 32150479.7 | 32131201.9 |
| 9.5 | 24033703.9 | 24037208.6 | 124450442 | 124387445 |
| 10.5 | 32102573.3 | 32107254.7 | 230665584 | 230561211 |
| 11.5 | 36252277.6 | 36257564.1 | 350869836 | 350721885 |
| 12.5 | 30085356 | 30089743.2 | 382676692 | 382513139 |
| 13.5 | 24494782.2 | 24498354.1 | 400955341 | 400925479 |
| 14.5 | 21901217 | 21904410.7 | 453101383 | 453065771 |
| 15.5 | 25244034.3 | 25247715.5 | 649764845 | 649719186 |
| 16.5 | 27952869.1 | 27956945.3 | 882986225 | 882928552 |
| 17.5 | 26569634.3 | 26573508.8 | 1017742477 | 1017668001 |
| 18.5 | 21958851.8 | 21962053.9 | 1009178869 | 1009084420 |
| 19.5 | 16368278 | 16370664.9 | 893973296 | 893864095 |
| 20.5 | 16944625.8 | 16947096.7 | 1090067345 | 1090004422 |
| 21.5 | 5705843.37 | 5706675.43 | 429261364 | 429218121 |
| 22.5 | 30604069 | 30608531.9 | 2666343253 | 2666640190 |
| 23.5 | 26223825.6 | 26227649.7 | 2631692054 | 2631981935 |
| 24.5 | 21440138.7 | 21443265.3 | 2460553362 | 2460831055 |
| 25.5 | 11872765 | 11874496.4 | 1548418963 | 1548572142 |
| 26.5 | 2881739.08 | 2882159.31 | 426594755 | 426595243 |
| 27.5 | 806886.94 | 807004.61 | 134508600 | 134534012 |
| 28.5 | 172904.34 | 172929.56 | 32030022.8 | 32039083.3 |
| total | 413414288 | 413474574 | 1785000000 | 1785000000 |
| Age moyen (an) | 2.19 | | | |
| Taille moy (cm) | 16.52 | | | |

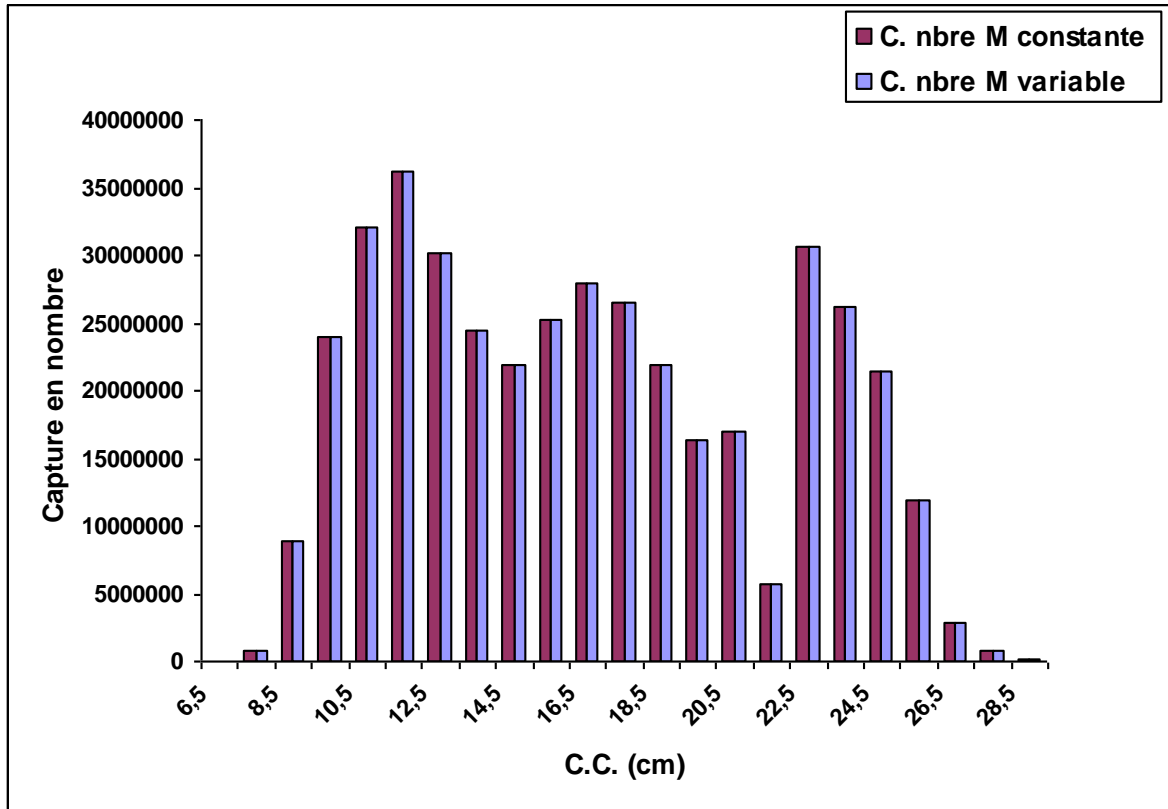


Figure 13. Captures en nombre d'individus en fonction de la taille de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M.

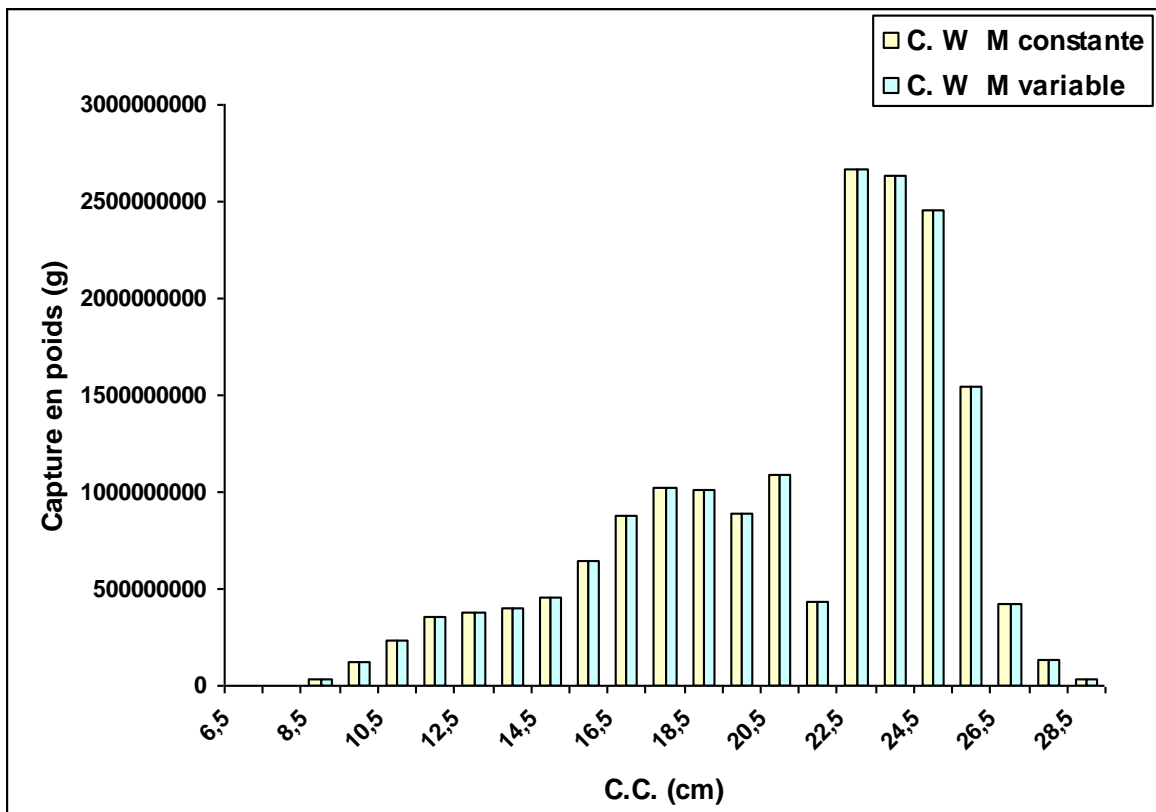


Figure 14. Captures en poids en fonction de la taille de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M.

4-1-2. Analyse de la VPA

4-1-2-1. Analyse de la biomasse

La biomasse exploitable du stock de *Sardinella aurita* de la région centre de la côte algérienne estimée pour M constante et M variable, est respectivement de l'ordre de 55799 tonnes et de 61179 tonnes (Tableau 14). Ce stock est composé de 23 classes de tailles allant de 6.5 à 28.5 cm. Toutefois, nous avons remarqué que la majorité de cette biomasse est comprise entre 11.5 et 24.5 cm (Figure 16).

La taille moyenne du stock est de 12.67 cm pour M constante, et de 12.28 cm pour M variable à qui correspond respectivement des âges moyens de 1.47 et de 1.402 ans. Son poids maximum virtuel, correspond à 61899916 individus pour M constante, et à 63681742 individus pour M variable.

La taille critique du stock actuel c'est-à-dire la taille pour laquelle la biomasse est maximale est de 17.5 cm pour M constante ; et de 16.5 cm pour M variable (Tableau 15 et Figure 16).

Quand ce stock ne fait pas l'objet d'une exploitation halieutique cette taille (taille critique du stock vierge) est de 18 cm pour M constante ; et de 17 cm pour M variable.

A ces deux dernières tailles (actuel et vierge) correspondent respectivement des âges de 2.056 et 2.253 ans pour M constante ; et de 1.873 et 2.056 ans pour M variable.

En outre, l'analyse des cohortes permet de calculer les effectifs des populations par classes de tailles. La classe la plus petite est considérée comme "recrutement". Abella et al. (1996), signalent que dans les pêcheries méditerranéennes, pour la majorité des espèces, le recrutement commence dans la première année de vie. Sa valeur est de l'ordre de 2564326421 individus pour M constante, et de 3511848426 individus pour M variable.

Tableau 14. Résultats de la biomasse obtenue par la VPA en fonction de M de la population de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne. (VIT, Lleonart et Salat, 2000).

| C.C. (cm) | M constante | | M variable | |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | poids moy virtuel (g) | nombre moy d'individu | poids moy virtuel (g) | nombre moy d'individu |
| 6,5 | 384601286,1 | 256872840 | 520522091,8 | 347976023 |
| 7,5 | 588168578 | 246088135 | 778327825,4 | 325923137 |
| 8,5 | 845004350 | 234794455 | 1092738110 | 303856685 |
| 9,5 | 1150301117 | 222144623 | 1453927855 | 280963783 |
| 10,5 | 1495269461 | 208102126 | 1845389416 | 257261845 |
| 11,5 | 1870664061 | 193279176 | 2257744849 | 233405248 |
| 12,5 | 2271745255 | 178600542 | 2664031235 | 210348104 |
| 13,5 | 2696425419 | 164727456 | 3116032744 | 190403648 |
| 14,5 | 3132943904 | 151434727 | 3579502616 | 173058528 |
| 15,5 | 3552968151 | 138036477 | 4010745327 | 155855267 |
| 16,5 | 3920141524 | 124100693 | 4370366538 | 138382769 |
| 17,5 | 4215045189 | 110039830 | 4636780105 | 121076340 |
| 18,5 | 4437995361 | 96566907,3 | 4808934094 | 104663265 |
| 19,5 | 4597247149 | 84173676,8 | 4894439796 | 89639167,9 |
| 20,5 | 4650245739 | 72286060,3 | 4866488052 | 75662852,5 |
| 21,5 | 4656847523 | 61899916,4 | 4789724079 | 63681742,3 |
| 22,5 | 4258931759 | 48883669,2 | 4331412190 | 49717306,6 |
| 23,5 | 3306443097 | 32947467 | 3352855197 | 33411138 |
| 24,5 | 2144728225 | 18688182,7 | 2168305202 | 18894244,5 |
| 25,5 | 1041603172 | 7986668,97 | 1049266291 | 8045804,52 |
| 26,5 | 412815606,3 | 2788657,97 | 412212935,6 | 2784989,68 |
| 27,5 | 144252589 | 865338,95 | 143002695,8 | 857804,16 |
| 28,5 | 24638479,08 | 133003,34 | 24645448,71 | 133022,74 |
| Biomasse en poids (tonnes) | 55799 | | 61167 | |
| biomasse en nombre (individus) | 2655440629 | | 3186002715 | |

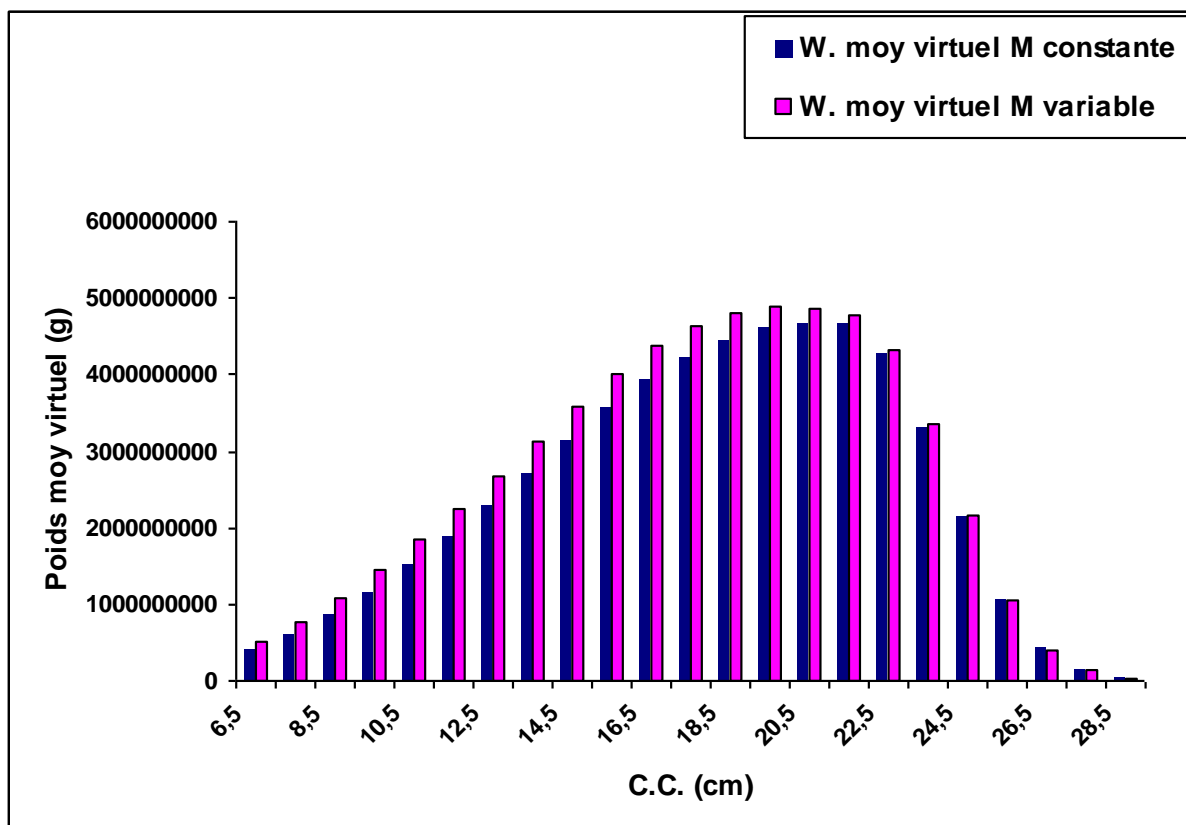


Figure 15. Variation du poids moyen virtuel en fonction de la taille de la population de *S. aurita* dans la région centre de la côte algérienne, en fonction de M.

Tableau 15. Résultats de la VPA, obtenus par le VIT (Leonart et Salat, 2000) de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M.

| | M constante | M variable |
|---|--------------------|-------------------|
| Age moyen du stock actuel (ans) | 1.467 | 1.402 |
| Age critique du stock actuel (ans) | 2.056 | 1.873 |
| Age critique du stock vierge (ans) | 2.253 | 2.056 |
| Longueur moyenne du stock (cm) | 12.672 | 12.278 |
| Longueur critique du stock actuel (cm) | 17.500 | 16.500 |
| Longueur critique du stock vierge (cm) | 18.000 | 17.000 |
| Recrutement (en nombre, R) | 2564326421 | 3511848426 |
| Biomasse moyenne (Bmoy) (g) | 55799027022.63 | 61179394705.26 |
| Biomasse du stock mature (SSB) (g) | 46408378746.52 | 49711078910.81 |
| Biomasse à l'équilibre (D) (g) | 63047211888.33 | 73272570875.61 |
| Mortalité naturelle/D | 71.69 | 75.64 |
| Biomasse du stock vierge (g) | 97085398299.06 | 99560902877.1 |
| Turnover, D/Bmoy | 112.99 | 119.77 |

4-1-2-2. Analyse des mortalités par pêche (F)

Les mortalités par pêche sont pratiquement nulles pour les classes de tailles comprises entre 6.5 et 8.5 cm alors que par la suite elles sont toutes supérieures à $0,13 \text{ an}^{-1}$ (Figure 17).

Les poissons les plus vulnérables aux engins de pêche ont des tailles supérieures à 23.5 cm. La majorité des poissons capturés ont des tailles comprises entre 12 et 29 cm si nous nous référons à la courbe de la mortalité par pêche (Figure 17).

Ensuite, des fluctuations importantes de F s'observent avec deux pics de 1.48 et 1.3 an^{-1} en moyenne, qui correspondent aux classes de tailles de 25.5 et de 28.5 cm, se traduisant ainsi par des captures pondérales beaucoup plus importantes (Figures 17)

Les valeurs de la mortalité moyenne par pêche (soit M constante ou variable) , estimée à 0.80 an^{-1} , demeure largement supérieure à la valeur globale de la mortalité par pêche (F global) qui est de 0.156 an^{-1} pour M constante et de 0.13 an^{-1} pour M variable (Tableau 16).

Comme Bouaziz (2007), ceci s'expliquerait par le fait que Fglobal relie la capture annuelle totale au nombre moyen d'individus de la population

Tableau 16. Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par la VPA de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M (VIT, Leonart et Salat, 2000).

| | M constante | M variable |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| C.C. (cm) | F /an | F /an |
| 6,5 | 0 | 0 |
| 7,5 | 0,003 | 0,002 |
| 8,5 | 0,038 | 0,029 |
| 9,5 | 0,108 | 0,086 |
| 10,5 | 0,154 | 0,125 |
| 11,5 | 0,188 | 0,155 |
| 12,5 | 0,168 | 0,143 |
| 13,5 | 0,149 | 0,129 |
| 14,5 | 0,145 | 0,127 |
| 15,5 | 0,183 | 0,162 |
| 16,5 | 0,225 | 0,202 |
| 17,5 | 0,241 | 0,219 |
| 18,5 | 0,227 | 0,11 |
| 19,5 | 0,194 | 0,183 |
| 20,5 | 0,234 | 0,224 |
| 21,5 | 0,092 | 0,09 |
| 22,5 | 0,626 | 0,616 |
| 23,5 | 0,796 | 0,785 |
| 24,5 | 1,147 | 1,135 |
| 25,5 | 1,487 | 1,476 |
| 26,5 | 1,033 | 1,035 |
| 27,5 | 0,932 | 0,941 |
| 28,5 | 1,3 | 1,3 |
| Age moyen à la capture (an) | 2.188 | 2.187 |
| Longueur moyenne à la capture (cm) | 16.524 | 16.523 |
| F moyen /an | 0.801 | 0.795 |
| F global /an | 0.156 | 0.13 |

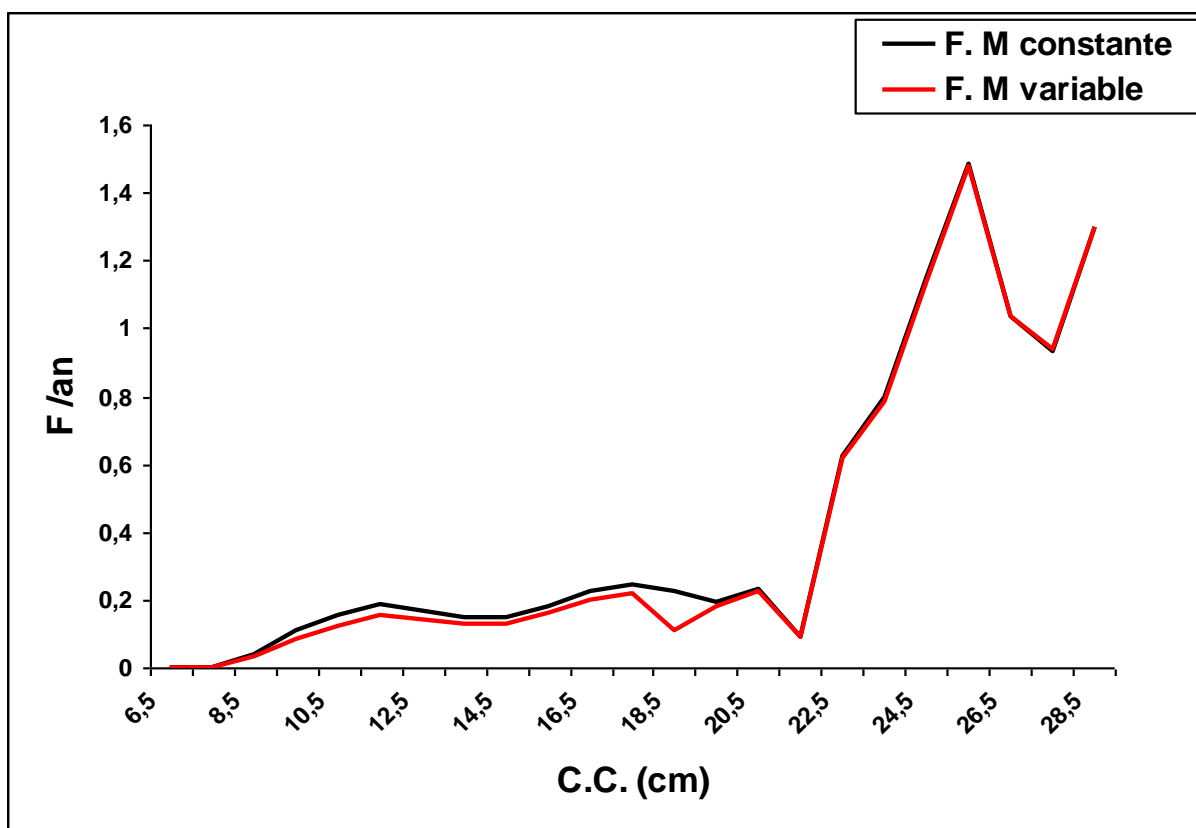


Figure 16. Mortalités par pêche en fonction de la taille, obtenues par l'analyse de la VPA, de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M.

4-1-3. Biomasse totale équilibrée (D)

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

Tableau 17. Etat du stock de *S. aurita* à l'équilibre, pour M constante et variable (VIT, Leonart et Salat, 2000)

| Equation générale de la biomasse | M constante | | M variable | |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | Biomasse (g) | Pourcentage (%) | Biomasse (g) | Pourcentage (%) |
| Recrutement | 2936394762.31 | 4.66 | 4021396511.82 | 5.49 |
| Croissance | 60110817126.02 | 95.34 | 69251174363.79 | 94.51 |
| mortalité naturelle | 45197211888.33 | 71.69 | 55422570875.61 | 75.64 |
| Capture total | $1785 \cdot 10^7$ | 28.31 | $1785 \cdot 10^7$ | 24.36 |

Pour M constante, la biomasse régénérée annuellement par le recrutement et la croissance est perdue à 71.69 % qui représente 45197 tonnes par la mortalité naturelle alors que le reste 28.31 % est capturé par la pêche. La biomasse totale équilibrée est estimée à 63047 tonnes

avec 95.34 %, soit 60110 tonnes, correspondant à la croissance. Et 4.66 % correspondant au recrutement soit 2936 tonnes (Tableau 17. Figure 18).

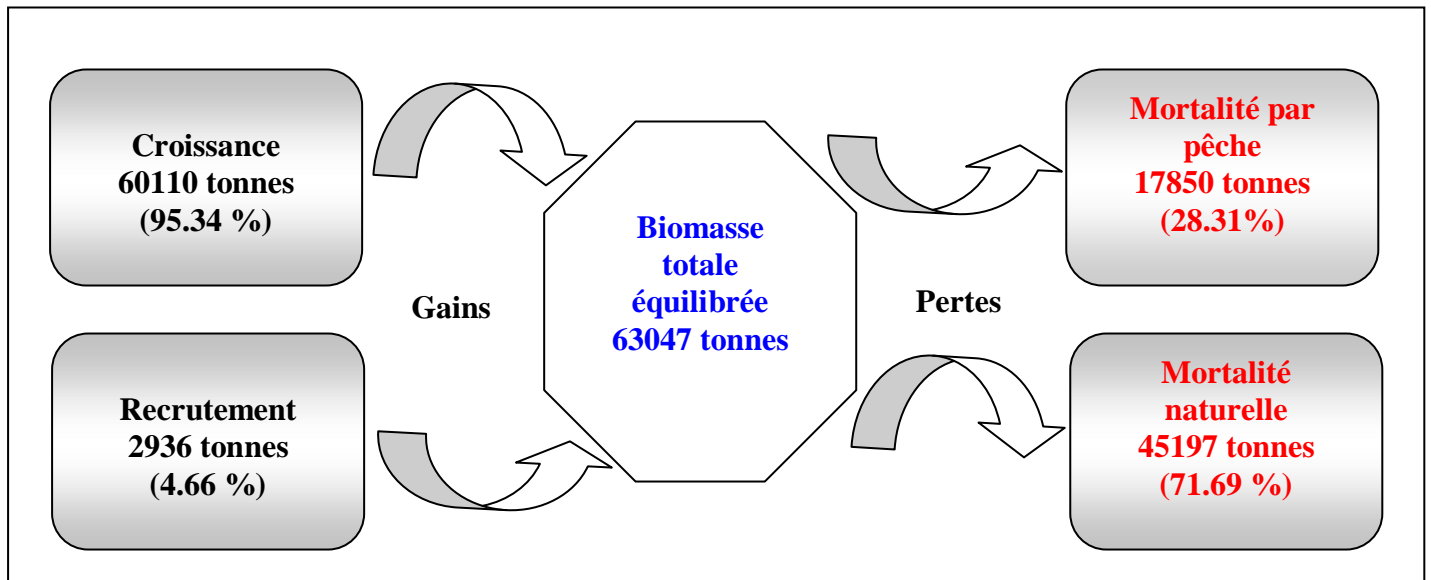


Figure 17. Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne. Pour M constante.

La biomasse totale à l'équilibre est estimée à 73273 tonnes dont 94.51 %, soit 69251 tonnes provient de la croissance qui devance le recrutement qui ne représente qu'une fine partie des entrée qui est de l'ordre de 5.49 % soit 4021 tonnes (Tableau 17. Figure 19).

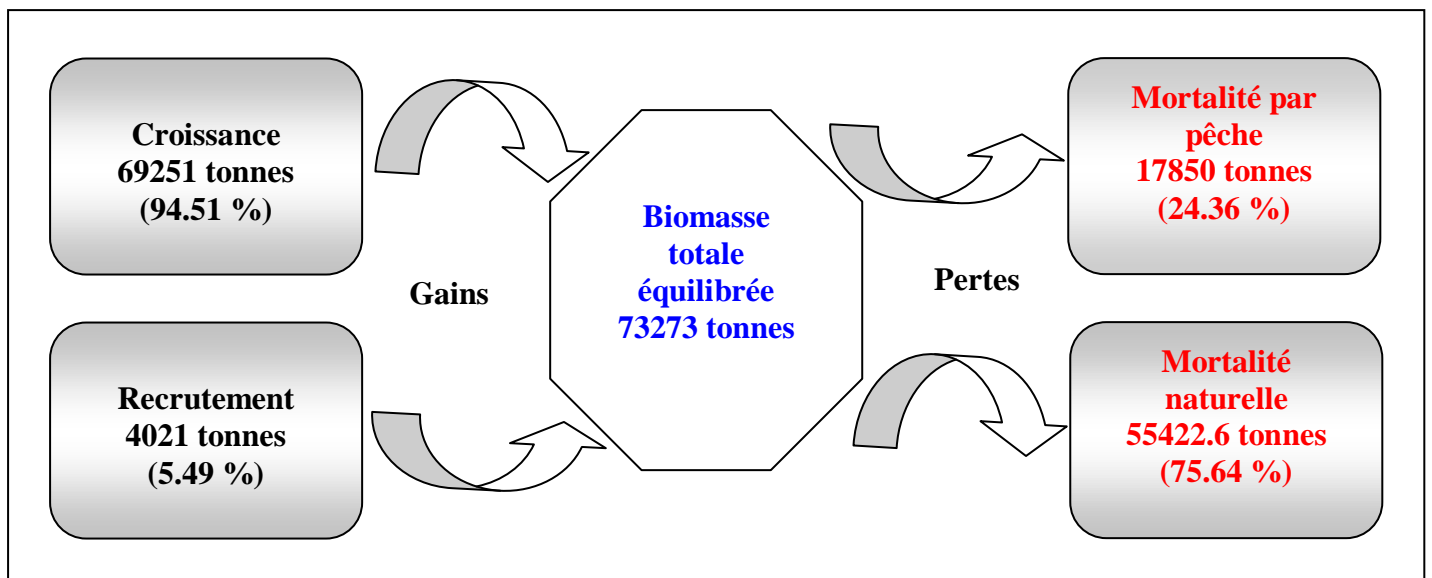


Figure 18. Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne. Pour M variable.

Le turnover (le taux de renouvellement) de la sardinelle est très satisfaisant car il est de l'ordre de 112.99 % pour M constante et de 119.77 % pour M variable (Tableau 15).

4-1-4. Rendements (productions) et biomasses par recrue

La "VPA" a également permis de déterminer les rendements par recrue ainsi que la biomasse totale moyenne par recrue. La figure 20, représente le rendement et la biomasse par recrue (Y/R et B/R) en fonction d'un multiplicateur de l'effort de pêche pour M constante et variable. Ainsi un facteur "d'effort de pêche" de 1.3 correspond à l'effort de pêche qui s'exerce actuellement sur le stock.

L'examen de l'évolution du rendement et de la biomasse par recrue en fonction de la mortalité par pêche (F) (Tableau 18. Figure 20) révèle un état de sous-exploitation soit M constante ou variable. Le rendement par recrue actuel (Y/R) est de l'ordre de 6.961 g pour M constante et de 5.083 g pour M variable, demeure inférieur au seuil de la production maximale équilibrée (MSY=8.16 g de M constante et MSY = 6.456 g de M variable).

En revanche, la biomasse par recrue actuel (B/R) est de 21.76 g pour M constante et de 17.42 g pour M variable, qui exprime la biomasse moyenne annuelle des survivants en fonction de la mortalité par pêche, est largement supérieure à la biomasse maximale équilibrée (B_{max} / R) qui est de l'ordre de 12.17 g pour M constante et de 8.44 g pour M variable. (Tableau 19).

Tableau 18. Résultats de l'analyse du rendement et de la biomasse par recrue de *S. aurita* exploitée dans la région centre de la côte algérienne, en fonction de M.

| | M constante | M variable |
|----------------------------|-------------|------------|
| B_{max} (g) | 12.174 | 8.446 |
| MSY (g) | 8.167 | 6.456 |
| F_{MSY} | 3.165 | 4.53 |
| B/R actuel (g) | 21.760 | 17.421 |
| Y/R actuel (g) | 6.961 | 5.083 |
| SSB/R actuel (g) | 18.098 | 11.654 |
| F actuel | 1.3 | |

Le stock vierge (B_0) de l'allache de la région centre de la côte algérienne est estimé à 97085 tonnes environ pour M constante et à 99560 tonnes pour M variable.

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 escomptée en l'absence de mortalité par pêche. Dans les modèles de production, B_0 est aussi connue comme la capacité de pêche (Caddy, 1994 in Bouaziz, 2007).

Tableau 19. Rendements et biomasses par recrue en fonction de (F) de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne, pour M constante et variable.

| Type de F | M constante | | | M variable | | |
|------------------------|-------------|---------|---------|------------|---------|---------|
| | F /an | Y/R (g) | B/R (g) | F /an | Y/R (g) | B/R (g) |
| F₀ | 0 | 0 | 37.86 | 0 | 0 | 28.35 |
| F actuel | 1.3 | 7.463 | 19.5 | 1.3 | 5.518 | 15.847 |
| F_{MSY} | 3.165 | 8.167 | 11.688 | 4.53 | 6.456 | 8.562 |

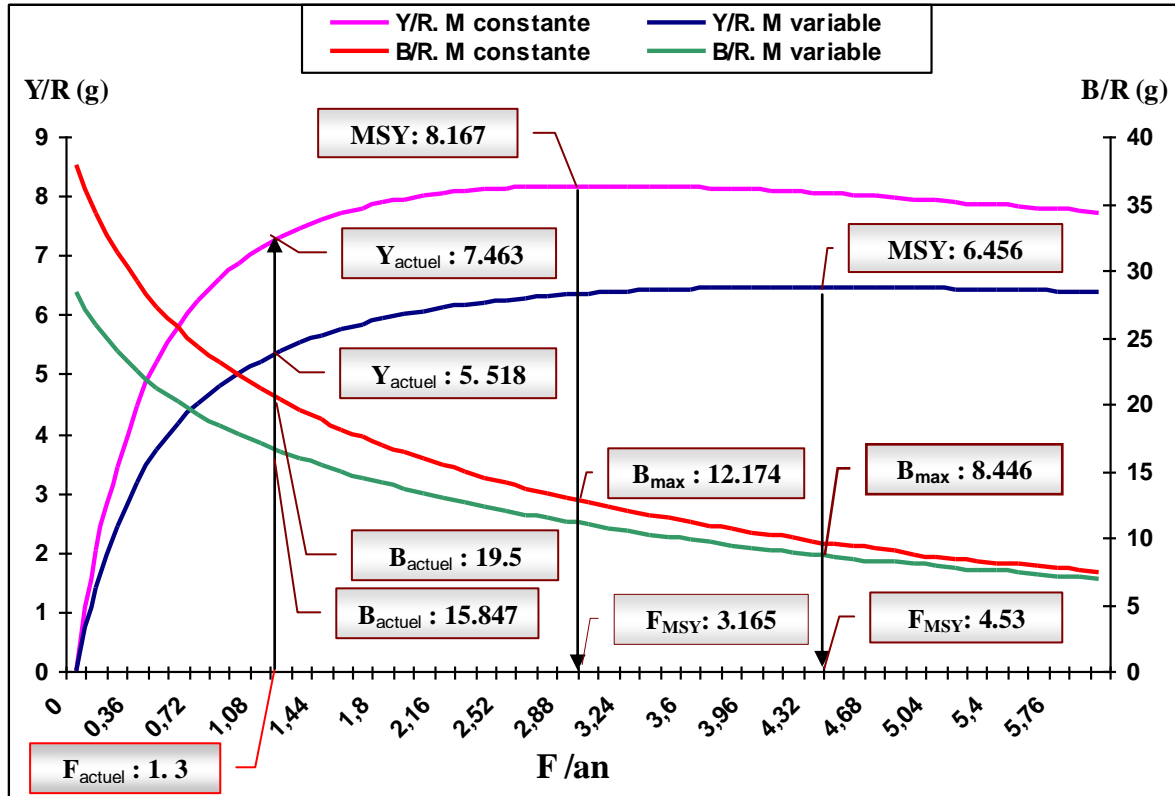


Figure 19. Rendements et biomasses par recrue de *Sardinella aurita* de la région centre de la côte algérienne, en fonction de M.

4 – 2. Discussion

Dans ce travail on met en œuvre les deux méthodes classiques de l'approche structurale appliquées à *S. aurita* pour les deux hypothèses de M. Ces deux méthodes sont :

- l'analyse des cohortes (ou VPA).
- le rendement par recrue.

Etant donné que ce qui nous intéresse c'est de connaître l'impact de la variation de la mortalité naturelle (M) par âge sur la biomasse exploitable de la sardinelle exploitée dans la région centre de la côte algérienne, nous devons faire une distinction bien nette entre la mortalité M constante et M variable. Pour étayer nos hypothèses, on construit le tableau 20, qui montre l'effet de cette variation de M par âge sur les paramètres d'exploitations de cette espèce.

Tableau 20. Analyse de l'impact de changement de M par âge sur les paramètres d'exploitations de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne.

| Paramètres d'exploitations | M constante | M variable | Différence |
|--|-------------|------------|--------------|
| Bmax (g) | 12.174 | 8.446 | 3.728 |
| MSY (g) | 8.167 | 6.456 | 1.711 |
| F_{MSY} / an | 3.165 | 4.53 | 1.365 |
| B/R actuel (g) | 21.760 | 17.421 | 4.339 |
| Y/R actuel (g) | 6.961 | 5.083 | 1.878 |
| SSB/R actuel (g) | 18.098 | 11.654 | 6.444 |
| Nombre de recrues (millions) | 2564 | 3511 | 947 |
| Biomasse de stock mature (tonnes) | 46408 | 49711 | 3303 |
| Biomasse moyenne (tonnes) | 55799 | 61179 | 5380 |
| Biomasse équilibrée (tonnes) | 63047 | 73272 | 10225 |
| Pertes causées par M (tonnes) | 45197 | 55422 | 10225 |
| Gains causés par R (tonnes) | 2936 | 4021 | 1085 |
| Gains par la croissance (tonnes) | 60110 | 69251 | 9141 |
| F global /an | 0.156 | 0.130 | 0.026 |

Les résultats de l'étude du rendement et de la biomasse par recrue, notamment les valeurs maximales de Y/R et B/R sont donc sensibles aux variation de la mortalité naturelle.

On observe que les changements dans les valeurs de M, ont des impacts très nets sur la biomasse (moyenne et équilibrée) de cette espèce (Tableau 20).

Les conclusions que l'on peut tirer des différences entre les deux courbes de rendements par recrue (M constante et variable) sont :

1. si M est constante, F_{MSY} est plus faible (3.165/an), et MSY plus élevé (8.167 g), les poissons atteindront rapidement l'âge auquel les pertes dues à la mortalité naturelle excèdent le gain de biomasse dû à la croissance. En conséquence, il faut que F soit élevé pour que l'on puisse capturer les poissons avant qu'ils ne meurent de causes naturelles ; et
2. si M est variable, une valeur de F_{MSY} plus élevée (4.53/an) et une valeur de MSY plus faible (6.456 g). qui est difficile à estimer par rapport à celle de M constante qui présente un MSY nette. Le gain de biomasse dû à la croissance excédera les pertes causées par la mortalité naturelle pendant une grande partie de l'existence de la cohorte. Dans ce cas, on a intérêt à laisser les poissons atteindre une grande taille, ce qui signifie que l'exploitation soit optimale d'un point de vue halieutique.

La longueur moyenne de capture, estimée à 16.52 cm pour un âge de 2.19 ans, soit M constante ou variable, demeure largement supérieure à la taille de première maturité sexuelle (L50) tous sexes confondus qui est de l'ordre de 13.9 cm.

Comme Bouaziz (2007), il ressort de cette analyse que les jeunes individus sont épargnés d'une surexploitation par le recrutement « recruitment overfishing ». De plus, les individus matures ne présentent pas le risque d'une surpêche par la croissance « growth overfishing » du fait qu'ils ont déjà pondu au moins une fois dans leur vie, assurant ainsi la pérennité du stock.

La biomasse par recrue (B/R) et la biomasse du stock reproducteur par recrue (SSB/R) sont respectivement de 21.76 g et 18,09 g pour M constante, et de 17.42 g et 11.65 g pour M variable (Tableau 18).

La biomasse du stock reproducteur, « SSB, Spawning Stock Biomass » estimée à 46408 tonnes en moyenne, soit 83.17 % de la biomasse moyenne qui est de l'ordre de 55799 tonnes pour M constante, et à 49711 tonnes, soit 81.26 % de la biomasse moyenne qui est de l'ordre de 61179 tonnes pour M variable.

En conclusion et malgré ces différentes incertitudes qui pèsent sur ce diagnostic il s'avère, au vu des résultats obtenus par ces deux approches structurales, qu'il soit possible d'établir un diagnostic relativement fiable de l'état du stock de *S. aurita* exploitée dans la région centre de la côte algérienne avec les données existantes. Ainsi il ressort de ce travail que l'état du stock de la sardinelle est satisfaisant et que celui-ci ne présenterait actuellement pas de risque d'une surexploitation de la croissance, et ce, pour les deux hypothèses de M.

CONCLUSION

Au terme, de cette étude, qui a comme objectif principal d'étudier l'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, plusieurs remarques importants ont été retenue.

Nous avons réalisé notre travail à l'aide du programme informatique FISAT II version 1.2.0 (Gayanilo et al., 2005) sous Windows, qui permet la restructuration des fréquences de tailles. Pour établir la clé âge-longueur, les équations de croissance, et les mortalités (Z, M, F).

La clé âge – longueur trouvée est caractérisée par 5 âges. Dans la région centre de nos côtes, la sardinelle atteint un âge maximum de 5 ans, et ce, pour la population à sexes confondus. La longueur asymptotique (L_{∞}) de la sardinelle, tous sexes confondus, fournie par l'équation de la croissance linéaire de von Bertalanffy, est de 29.85 cm. Le paramètre de courbure (K), qui détermine la rapidité du poisson d'approcher la longueur asymptotique, est de 0.41 /an cette valeur élevée signifie que la sardinelle atteint rapidement son L_{∞} .

Les coefficients de mortalité ont été estimés en utilisant les paramètres de croissance que nous avons calculé. La mortalité naturelle (M) a été obtenue par âge par la méthode de Bouaziz et al. (2004) et pour toute la population, avec la méthode de Pauly (1980, 1984a) qui nous parait moins empirique par rapport aux autres méthode pour un poisson pélagique comme la sardinelle.

Pour ce qui est de la mortalité totale (Z), la valeur de 2.11 /an a été retenue. Le résultat est trouvé par la méthode des courbes de capture. Le coefficient de mortalité naturelle (M) a été estimé à 0.81 /an pour toute la population et à 1.022 ; 0.903 ; 0.879 ; 0.829 ; et 0.797 /an, respectivement pour les âges I ; II ; III ; IV ; et V. La mortalité par pêche (F) a été estimée à 1.3 /an pour toute la population.

Concernant l'étude de l'exploitation, les structures démographiques n'étant pas disponibles année par année sur une longue série temporelle, l'analyse des cohortes à l'aide de programme informatique VIT (Leonart et Salat, 2000), à été effectuée sur les captures moyennes d'une pseudo-cohorte, considérée comme reflétant l'état d'une cohorte réelle, sous l'hypothèse que le recrutement annuel dans la pêcherie est constant (c'est à dire il exige uniquement la connaissance des captures sur un an au lieu d'une série historique). Ce logiciel, vivement recommandé par la FAO pour la pêcherie méditerranéenne, il a été introduit pour évaluer la biomasse exploitable et le rendement par recrue en fonction des valeurs de M obtenues (constante et variable), de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne.

Les résultats de cette application révèlent que la biomasse moyenne exploitable du stock de *Sardinella aurita*, composé de 23 classes de tailles allant de 6.5 à 28.5 cm, est de 55799 tonnes environ dont 46408 tonnes (83.17 %) appartiennent au stock reproducteur "Spawning Stock Biomass" pour M constante. Ce mère stock a été évalué à 61179 tonnes environs dont 49711 tonnes (81.26 %) appartiennent au stock reproducteur pour M variable.

La longueur moyenne de capture, estimée à 16.5 cm (pour un âge de 2.2 ans), soit M constante ou variable, demeure largement supérieure à la taille de première maturité sexuelle (L_{50}) tous sexes confondus qui est de l'ordre de 13.9 cm.

Le rendement par recrue actuel (Y/R) qui est de l'ordre de 6.961 g pour M constante et de 5.083 g pour M variable, demeure inférieur au seuil de la production maximale équilibrée ($MSY=8.16$ g pour M constante et $MSY = 6.456$ g pour M variable). De ce diagnostic, il ressort un état de sous-exploitation.

De ces résultats, nous concluons que la variation de M influe d'une manière profonde sur l'estimation de la biomasse moyenne et du rendement par recrue

La variation de M avec l'âge doit être incorporée dans les évaluations des stocks de poissons surtout les pélagiques. Pour le stock de la sardinelle de la région centre de la côte algérienne, la valeur de M doit être estimée pour chaque sous-population (groupe d'âge), avant l'analyse de cohorte (VPA) et l'ajustement des modèles structuraux d'évaluation, afin de se rapprocher le mieux de la réalité.

En fin, nous soulignons la nécessité actuelle de rendre compte, dans les études basées sur la modélisation de l'exploitation des stocks halieutiques, du degré d'incertitude des estimations, et de tenir compte du risque d'erreurs et d'utiliser le principe de précaution.

BIBLIOGRAPHIE

Abella A., Caddy J-F., et Serena F., 1996. Estimation of the parameters of the Caddy reciprocal M-at-age model for the construction of natural mortality vectors. (*POPDYN proceedings*): p 191-200.

Ananiades C.I., 1952. Quelques considérations biométriques sur l'allache (*Sardinella aurita* C.V.). *Prakt. Hell. Hydrobiol. Inst.* 5 (1) : p 1-45.

Bebars M.I., 1981. Exploitation rationnelle des pêcheries égyptiennes : Application aux pêcheries des sardinelles (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) de la baie de Selloum, Egypte. *Thèse Doctorale, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier* : p 1-326.

Ben-Tuvia A., 1956. The biology of *Sardinella aurita* with a systematic account of the family Clupeidae of the Mediterranean coast of Israel. *Fish. Bull., Haifa* (7) : 20-24; (8) : p 14-25.

Bouaziz A., 2006. Estimation du point de référence biologique, F0.1, de *Sardinella aurita* de la région centre de la côte algérienne. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 131 (2) : p 97-106.

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

Bouaziz A., Bennoui A., Belaidi M., et Brahmi B., 2004. Sur l'estimation de la mortalité naturelle M par âge et par sexe chez deux espèces de la côte algéroise : le merlu *Merluccius merluccius* (L. 1758) et la sardinelle *Sardinella aurita* (V. 1847). *Rapp. Con int. Mer Médit.*, 37 : p 317.

Bouaziz A., Bennoui A., Brahmi B., et Semroud R., 2001. Sur l'estimation de l'état d'exploitation de la sardinelle (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) de la région centre de la côte algérienne. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, (36) : p 244.

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

Brêthes J-C., et O'Boyle R-N., 1993. Méthodes d'évaluation des stocks halieutiques. (*Volume I*). Centre international d'exploitation des océans (Canada) : p 213-231.

Caddy J-F., 1996. Modelling Natural Mortality with Age in short-lived invertebrate populations: definition of a strategy of gnomonic time division. *Aquat. Living Resour.* 9: p 197-207.

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

CGPM., 1988. Rapport du groupe de travail adhoc sur l'aménagement des stocks dans la Méditerranée occidentale. *FAO. Fish. Rep* : 386 p.

Chavance P., Chabane F., Hemida F., Korichi H-S., Sanchez M-P., Bouchereau G.L., Tomasini G-A., et Djabali F., 1985. Evaluation du rendement par recrue relatif à partir de fréquences de tailles : application à quelques stocks d'anchois, de sardinelles et de chinchards de la Méditerranée occidentale. *FAO Rapp. Pêches.* (347) : p 186-220.

Cury P., 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 : p 165 – 180.

Daget J., 1976. Dynamique des populations de poissons. *Rev. Trav. Inst. Pêches, marit*, 40 (3 et 4) : p 425-437.

Eli A., 2006. FishBase. En ligne : <http://www.FishBase.net>.

Fischer W., Bauchot M-L., et Schneider M., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. *Rome, FAO, Vo1.2: P 1061*.

Fonteneau A., 1989. Modélisation de pêcheries thonières. *Doc. Scient. ICCAT* : p 91-100.

Fritsch M., 2005. Traits biologiques et exploitation du bar commun *dicentrachus labrax* (L.) dans les pêcheries françaises de la manche et du golfe de Gascogne. *Thèse de doctorat, option océanologie biologique* : p 216-220.

Gaamour A., Ben Abdallah L., Khemiri S., et Mili S., 2004. Etudes de la biologie et de l'exploitation des petits pélagiques en Tunisie. *MedSudMed Technical Documents No.5* : 64 p.

Gaamour A., Missaoui H., Ben-Abdallah L., et El Ahmed A., 2001. Paramètres biologiques de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) dans la région du Cap Bon (canal siculo-tunisien). *GFCM* : p 26-30.

Gayanilo F-C., Sparre P., et Pauly D., 2005. FAO-ICLARM Outils d'évaluation des stocks II (FiSAT II). Version révisée. Guide d'utilisation. *FAO Série informatique. Pêche. No. 8, Version révisée. Rome, FAO* : 190 p.

Hemida F., 1987. Contribution à l'étude de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (L. 1758) dans la région d'Alger : Biologie et Exploitation. *Thèse de Magister, USTHB (Alger)* : 208p.

Hemida F., 2005. Les Sélaciens de la côte algérienne, Biosystématique des Requins et des Raies : Ecologie, Reproduction et exploitation de quelques population capturées. *Thèse Doctorat .USTHB* : p 106.

Jones R., 1983. The use of length composition data in fish stock assessments (with notes on VPA and cohort analysis). *FAO Fish. Circ.*, 734: 60 p.

Jones R., 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). *FAO Fish. Tech. Pap.*, 256: 118 p.

Korichi H-S., 1988. Contribution a l'étude biologique de deux espèces de saurels *Trachurus trachurus* (Linne, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (Stindachner, 1868) et la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) en baie de Bou Ismail (Alger). *Thèse de Magister, ISMAL, Alger*: 260 p.

Laurec A., et Le Guen J-C., 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome I. Concepts et modèles. *Rapp. Scient. et tech., Éditions CNEXO, n° 45* : 118 p.

Leonart J., et Salat J., 2000. VIT (version 1. 1). Software for fishery analysis. User's manual. En ligne : <http://www.faocopemed.org/es/activ/infodif/vit.htm> [cité en 2000].

Moreau J., Bayle C., et Brière C., 1984. Emploi du modèle de Beverton et Holt : cas d'une mortalité naturelle variable et d'une croissance décrite par une équation de Gomperts. Laboratoire de Biologie Quantitative et Laboratoire d'Ichtyologie Appliquée, (ENSA), Toulouse, France : p 163-170.

Mouhoub R., 1986. Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de la sardine *Sardina pilchardus* (WALBAUM, 1792) des côtes algéroises. Thèse de Magister. USTHB : 163p.

Navarro F-P., 1932. Nuevos estudios sobre la alacha (*Sardinella aurita* C.V.) de Baleares y de Canarias. *Notas Inst. Esp. Oceanogr.*, 58 : p 1-35.

Pauly D., 1985. Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. FAO, *Doc. Tec pêches (234)* : 65 p.

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

Postel E., 1960. Rapport sur la sardinelle *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) (Atlantique africain). FAO Fisheries Biology Synopsis No. 6 (Distribution restricted). FB/60CS6 SAST-Sardine: p 59-95.

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

Sennai Cheniti S., 2003. Les petits pélagiques de l'extrême ouest algérien. Centre National d'Etudes et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture, mise en place d'un réseau d'échantillonnage : p 9-15.

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

Tsikliras A-C., Koutrakis E-T., et Stergiou K-I., 2005. Age and growth of round sardinelle (*Sardinella aurita*) in the northeastern Mediterranean. *SCI. MAR*, 69(2) : p 231-240.

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