وزارة التعليـم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'**E**nseignement **S**upérieur et de la **R**echerche **S**cientifique

جامعـة باجي مختار—عنابـة

Université **B**ADJI **M**OKHTAR - Annaba

Faculté des **S**ciences
Département des **S**ciences de la **M**er

Laboratoire d'**E**cobiologie
des **M**ilieux **M**arins et **L**ittoraux

Mémoire

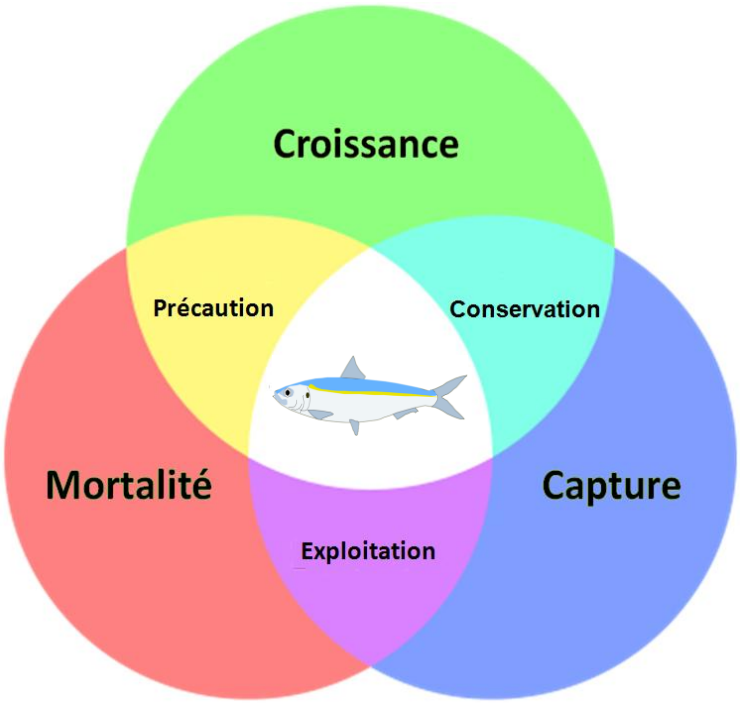
Présenté pour l'obtention du diplôme de Magistère

Spécialité : Sciences de la Mer

Option : Biologie et Physiologie des Organismes Marins

Thème

Estimation de la Biomasse Exploitable de la Sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) du golfe de Annaba



Présenté par
Samih BELOUAHEM

Sous la Direction de
Ahmed BOUAZIZ

Soutenu devant le jury composé de :

M. BENSOUILAH	Professeur	Président	Université BADJI Mokhtar-Annaba
M. H. KARA	Professeur	Examinateur	Université BADJI Mokhtar-Annaba
F. DERBAL	Maitre de conférences (A)	Examinateur	Université BADJI Mokhtar-Annaba
A. BOUAZIZ	Maitre de conférences (A)	Encadreur	Université d'Alger

Année universitaire
2009/2010

REMERCIEMENTS

Car toute étude scientifique n'est jamais l'œuvre d'une seule personne, je ne peux, et avant toute chose, que remercier, tout ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre, de prés ou de loin à la réalisation de ce travail.

Cette étude d'évaluation halieutique a été le fruit des efforts conjugués de plusieurs scientifiques dont je tiens à les remercier et à leur rendre hommage. En premier lieu, toute ma gratitude et ma reconnaissance vont à mon directeur de recherche, le Docteur Ahmed BOUAZIZ, qui dés le début de cette étude n'a cessé de me prodiguer son savoir, ses conseils et ses orientations. Un grand Merci au professeur Mourad BENSOUILAH, pour m'avoir généreusement accueilli au sein du Laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux, Université de Annaba et pour le soutien moral et logistique qu'il n'a cessé de me fournir ; mais surtout pour avoir généreusement accepté de présider le jury de soutenance. Mes sincères remerciements s'adressent également, aux membres du jury, le Professeur Mohamed Hichem KARA et le Docteur Farid DERBAL du Département des Sciences de la Mer de l'Université de Annaba, pour l'honneur d'accepter de lire, examiner et discuter ce travail.

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la formation en post-graduation de la promotion : Biologie et Physiologie des Organismes Marins, de ce fait, je présente mes remerciements les plus sincères à l'ensemble des enseignants chargés de l'encadrement pédagogique, ainsi qu' à l'ensemble du personnel scientifique et administratif du département des Sciences de la Mer de l'Université de Annaba, pour le soutien généreux, la disponibilité perpétuelle et l'aide précieuse.

Mes remerciements particuliers s'adressent aux membres de ma famille, mes parents, mes beaux parents et mes frères, pour leur soutien exemplaire, durant toutes ces années et leur encouragement infaillible.

Mes vifs et sincères remerciements s'adressent à Omar CHIBOUTE, ami et collègue, représentant de la Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la Wilaya de Annaba (DPRHA), au niveau du port de pêche de la Grenouillère durant l'année de cette étude. Merci pour ton grand soutien lors de la collecte des données sur la pêcherie étudiée.

Merci à mes amis et collègues de la Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la Wilaya de Annaba (DPRHA), pour le soutien, les encouragements et les conseils. Mes remerciements particuliers s'adressent à mes amis et collègues du Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et tropicale de Sète (CRH) pour leurs avis, critiques et conseils. Une mention particulière pour Philippe CURY, Pierre FREON, Emmanuelle CHASSOT et Cheikh Baye OULD ISSELMOU (IMROP), que je remercie chaleureusement.

Je ne manquerais pas de remercier les pêcheurs, armateurs et l'ensemble des professionnels de la pêche du port de Annaba, avec lesquels j'ai eu l'occasion et le plaisir d'échanger de longues et intéressantes discussions, qui m'ont tant apprises et inspirées.

Enfin, je réserve en dernier, mais mes meilleurs et sincères remerciements, à mon épouse ainsi qu'à mes deux enfants. Sans vous je n'aurais jamais eu le courage et l'énergie d'arriver au bout de ce travail. Vous avez été la source intarissable de laquelle j'ai puisé l'énergie nécessaire à l'achèvement de cette étude.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à ma famille qui m'a soutenue le long de cette belle expérience et durant toutes les expériences que j'ai vécues, les meilleures et les pires.

Je dédie ce travail à la mémoire de mon défunt père Mahiéddine (Didine). Au meilleur des pères et au meilleur des exemples et des modèles à suivre. De tes 18 ans et à l'aube de l'Algérie naissante, tu t'es engagé dans le plus noble et le plus brave des combats : Donner et ensemencer le savoir. A toi, tout jeune enseignant de la première école algérienne, je dédie ce travail, pour te rendre hommage. Tu as semé tant de bien et tant de savoir autour de toi que je ne peux que rester fidèle à tes enseignements et à tes principes.

A ma chère mère Aïcha, qui a toujours été présente à mes cotés et qui m'a tant donné et appris. Mais le meilleur de tes apprentissages ce résume dans ton courage, ta patience et ta positivité face aux différentes épreuves de la vie. Je te dédie ce travail pour t'exprimer mon immense et éternelle gratitude.

A mes frères :

- Malek, qui a été depuis ma tendre enfance l'exemple de la persévérance, du sérieux et de l'honnêteté dans le travail ;
- Kader qui est le plus intelligent et le plus cartésien de nous tous ; et
- Ramzi le plus jeune mais le plus sage. A toi qui as eu le courage de t'exiler et de supporter les sacrifices de l'éloignement pour cette noble cause commune qui est, la quête du savoir.

Mes dédicaces particulières s'adressent à mon épouse Khaoula et à mes deux enfants chéris, mes deux petits alevins préférés, Mey et Idris, à qui je demande et à travers cette dédicace, Milles pardons. Milles pardons pour le temps dont cette étude vous a privé de moi et m'a privé de vous. Mais c'est surtout grâce à vous et pour vous que j'ai entrepris cette étude. Votre grand père et à l'instar des anciens sages m'a transmit la passion des études et du savoir et que j'espère pouvoir vous la transmettre à mon tour.

A vous enfin, pêcheurs du golfe de Annaba. A vous, qui êtes les plus soucieux de la bonne santé des stocks de poissons et de l'état de la mer en générale. C'est de la mer, cette entité tant méconnue, que votre existence dépend, et à travers votre travail et votre présence permanente sur les flots, vous constituez la première sentinelle de cet espace réservé. A vous, qui avez pris la mer en courage et en sagesse pour prendre part à sa dynamique dans un esprit de respect et d'humilité ; je dédie ce travail.

Enfin, il ne me reste qu'à espérer et du fonds de mon cœur que, cette minuscule goutte versée dans l'immense océan du savoir, puisse rafraichir, ne serait ce, qu'un infime moment, la soiffe du savoir d'un lecteur intéressé.

*A **Didine***
*A **Mey** et **Idris***

RESUME

La présente étude concerne l'évaluation de l'état du stock exploitable de (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) du golfe de Annaba durant l'année 2006, et vise à répondre à des questions essentielles dans le domaine de l'exploitation halieutique ; tels que : « quel est le niveau actuel du stock exploité et qu'elle est la dynamique de cette exploitation? Autrement dit : pêche t'on peut ou trop ? Pêche-t-on petit ou gros ? Le stock en mer est-il assez grand pour supporter la pression de pêche exercée? Qu'elle stratégie d'exploitation doit on appliquée? A ces questions, cette étude essayera d'apporter des réponses selon un protocole d'analyse actuel, valide et un des plus préconisés et des plus appliqués de nos jours, et pour promulguer *in fine* des avis scientifiques d'aménagement basés sur les principes de l'approche dite de « précaution ».

La distribution des fréquences de tailles annuelle élaborée suite à un échantillonnage biologique hebdomadaire durant l'année 2006, a concerné 1746 individus (sexes confondus). Elle définie une distribution de 19 classes de tailles, d'un centimètre d'intervalle, et est répartie de 8 à 26 cm. Cette donnée couplée a celle de la capture totale annuelle de l'allache enregistrée au niveau du port de Annaba durant la même année, soit, 1302 tonnes, sont les deux premières données inputs essentielles à l'analyse d'exploitation du stock étudié.

L'étude des paramètres biologiques révèle, une courte longévité de seulement 4 ans du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba estimée par le modèle de Bhattacharya (1967) et calculée grâce au logiciel FISAT II (Gayanilo *et al*., 2005). Une croissance rapide définie par les deux paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938), L_{∞}= 27.41cm et K = 0.41an^{-1}. La relation taille/poids donne un embonpoint isométrique, défini par les deux paramètres d'allométrie: a = 0.005716 et b = 3.038. L'étude des caractères sexuels montre une taille de première maturité sexuelle (L_m) de 13.78 cm (sexes confondus). L'estimation des taux de mortalité donne une mortalité totale de l'ordre de 1.82 an^{-1}, définie par la méthode des courbes de captures linéarisées (Pauly, 1984). Cette mortalité est scindée en une mortalité naturelle (M) estimée à 0.86 an^{-1} (Pauly, 1980) et une mortalité par pêche (F) de l'ordre de 0.96 an^{-1}.

L'étude de la dynamique d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba, par VPA selon les longueurs et par traitement au programme VIT (Lleonart et Salat, 1997), nous fournie un diagnostic rassurant. Avec, des captures d'une taille moyenne de l'ordre de 15.95 cm, supérieure à la L_m (13.78 cm) et à la $L_{critique}$ (15 cm) du stock actuel. Ceci place l'état général actuel d'exploitation dans une situation acceptable. Une biomasse exploitable de l'ordre de 4892 tonnes, régie en ses gains par 84% de croissance et dans ses pertes par 73% de mortalités naturelle. Une biomasse vierge ou potentielle de production de l'ordre de 6919 tonnes. Une exploitation actuelle, dans un état de sous exploitation, avec F_{act} = 0.96 an^{-1} devant un F_{max}= 4.62 an^{-1}.

Selon les résultats obtenus et en accord avec les principes de l'approche de précaution préconisée pour la gestion des pêcheries ; une élévation des captures de 27%, pour atteindre 1653 tonnes et correspondant au $F_{0.1}$= 1.86 ans^{-1}, est donc possible et souhaitable pour l'augmentation soutenue et responsable des rendements des captures. Le F_{max}= 4.62 ans^{-1} est considéré comme un seuil limite à éviter selon cette nouvelle approche de gestion. Se rapprocher de ce point portera l'exploitation dans une zone à très hauts risques. Ces avis et ces recommandations sont à même de placer l'exploitation loin du risque de la surexploitation, en gardant à l'esprit l'hypothèse principale d'équilibre, ce que veut dire, le maintien de la tendance actuelle des bases biologiques de la modélisation et de l'hypothèse d'un *statu quo* environnemental.

Mots clés : Sardinelle, golfe de Annaba, stock, échantillonnage, capture, âge, croissance, reproduction, mortalité, VPA, exploitation, Biomasse, PRB, $F_{0.1}$, et approche de précaution.

ABSTRACT

The present study concerns the assessment of the stock of *Sardinella aurita* in the gulf of Annaba under exploitation during the year 2006 and aims at answering crucial questions in the field of fisheries exploitation, such as: What is the present level of the exploited stock under study and what is the dynamic of this exploitation? In other words: Does fishing targets small or mature fish? Is the stock in the sea enough to withstand the pressure of the exercised fishing effort? And what is the strategy of the exploitation that should be applied? To these questions and to other equally relevant ones, this study tries to bring answers conforming to an up to date, valid advocated protocol of analysis. The final issues of the study is to stand out a scientific diagnosis of the state of the stock of *S.aurita* and its exploitation and to promulgate *in fine* a scientific management advices based on the ethics of the "precautionary approach".

The elaborated distribution of the annual length frequencies which has been the basis of this study and which is issued from a weekly sampling made along the year 2006, has focused on 1746 individuals (both sexes). It describes a distribution of 19 classes of length, with one centimeter of interval, and is put from 8 to 26 cm. This data, coupled to that of the recorded annual total catch of round sardinella in the gulf of Annaba, that is to say, 1302 tons, are the two initial essential data inputs indispensables for the analysis of the exploitation by VPA.

The study of the biological parameters performed shows, a short longevity of the *S.aurita* stock in the gulf of Annaba estimated as only 4 years by the model of Bhattacharya (1967) using the program FISAT II (Gayanilo *and al*., 2005). A rapid growth defined by the two parameters of the equation of von Bertalanffy (1938), L_{∞}= 27.41 cm and K = 0.41 year^{-1}. An isometric allometry relation, determined by the two parameters: a: 0.005716 and b: 3.038. The analysis of the sexual characteristics gives the length of the first sexual maturity (L_m) of 13.78 cm (both sexes). The study of the mortality rates estimates a total mortality (Z) of about 0.86 year^{-1}, defined by the method of linearized catch curve of capture (Pauly, 1984), divided into a natural mortality (M) estimated at 0.86 year^{-1} (Pauly, 1980) and a mortality by fishing (F) of about a 0.96 year^{-1}.

The study of the dynamics of exploitation concerning the *S.aurita* stock of the gulf of Annaba, by VPA according to the lengths using the VIT software (Lleonart and Salat, 1997), provides us with a reassuring diagnosis. With current captures, represented by a mean length of 15.95 cm, which is superior to L_m (13.78 cm) and to L_{cri} (15 cm) of the present stock. Though, the actual way of exploitation is generally acceptable. An exploitable biomass of about 4892 tons regulated in its profits by 84% of growth and in its losses by 73% of natural mortality. A virgin biomass or potential biomass of production of about 6919 tons. The exploitation diagram shows a current exploitation, in a state of "under exploitation", with F_{act} = 0.96 year^{-1}, in front of F_{max}= 4.62 year^{-1}.

According to the results obtained and in agreements to the principles of the "precautionary approach" in the field of the fisheries management, a rise in the captures of 27%, to reach 1653 tons corresponding to $F_{0.1}$=1.86 year^{-1}, is thus possible and desirable to ensure a sustainable and responsible increase of the catches yield. The F_{max}= 4.62 year^{-1} is regarded as a limiting threshold to be avoided. According to this new approach in fisheries management, to be close to this point will carry the exploitation to a highly risky zone. These advices will put the exploitation far from the risk of the "overfishing", taking into account the main hypothesis of equilibrium which means, the preservation of the general current trend of the biological bases of modelling and the assumption of an environmental *statu quo*.

Key-words: Round sardinella, gulf of Annaba, stock, sampling, capture, age, growth, mortality, VPA, fishing, Biomass, Biological Reference Point (BRP), $F_{0.1}$, and precautionary approach.

ملخص

تخص هذه الدراسة تقييم حالة المخزون القابل للاستغلال لسمكة الآلتشة (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) لخليج عنابة خلال عام 2006 و تحاول الإجابة على أسئلة جوهرية في مجال استغلال الصيد السمكي , ألا و هي : ما هو المستوى الحالي للمخزون المستغل و ما هي ديناميكية هذا الاستغلال ؟ أو بمصطلحات أخرى: هل يصطاد الكثير أم القليل من المخزون المستغل ؟ هل تصطاد أسماكا فتية أم بالغة ؟ وهل المخزون السمكي كاف لتحمل ضغوطات جهد الصيد البحري المبذول ؟ لمثل هته الأسئلة ولأخرى لا تقل أهمية , تحاول هته الدرا سة إيجاد أجوبة بإتباع بروتوكول دراسة و تحليل حديث, متفق عليه و تقديم في النهاية آراء علمية للتسيير موافقة "للمنهجية الحذرة" المتبعة حاليا في تسيير المصايد البحرية في مختلف مناطق العالم.

توزيع تكرار الأطوال السنوي المنبثق من عملية أخد العينات الأسبوعية طوال عام 2006, والذي يعتبر أرضية هذه الدراسة ؛ خص 1746 فرد (جنس مختلط). يحدد هذا التوزيع 19 قسم من الأطوال, بتفاوت طول يقد ر بـ1سم ابتداء من 8 إلى 26 سم. هذا المعطى مع معطى آخر يتعلق بالكمية الكاملة المصطادة لسمكة الآ لتشة على مستوى ميناء عنابة والمقدرة سنة 2006 بـ1302 طن ؛ يشكلان أهم ما يد خل ضمن المعطيات اللازمة لإجراء النمط التحليلي للمجموعات الافتراضية (VPA) والذي تقوم عليه دراسة تقييم الاستغلال.

دراسة المقاييس البيولوجية المتعلقة بلآلتشة خليج عنابة, تقود لتأكيد قصر تعميرها حيث لا يزيد عمرها عن 4 سنوات فقط حسب تقدير نموذج Bhattacharya (1967) و المقدرة بواسطة برنامج FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005). نمو سريع محدد عن طريق مقياسي معادلة النمو لـ von Bertalanffy (1938), ألا و هما : معدل سرعة النمو (K) = 0.41 سنة$^{-1}$ و طول النمو المتناهي (L_∞) = 27.41سم. دراسة العلاقة طول/وزن تعطي معدل سمنة متساوي القياس محدد بالمعدلين a : 0.005716 و b : 3.038. دراسة الخصائص الجنسية تحدد طول أول البلوغ الجنسي (L_m) بـ13.78سم (جنس مختلط). أما تقدير معدلات الوفيات, فيحدد معدل الوفيات الكلي حسب طريقة منحنيات المصايد (Pauly,1984) بمقدار 1.82 سنة$^{-1}$, والمقسم لموت طبيعي (M) مقدر بـ0.86 سنة$^{-1}$ (Pauly, 1980) و موت جراء الصيد (F) مقدر بـ0.96 سنة$^{-1}$.

دراسة ديناميكية استغلال مخزون آلتشة خليج عنابة بواسطة النمط التحليلي VPA حسب الأطوال و المعد بواسطة البرنامج ألمعلوماتي VIT (Lleonart et Salat, 1997) و على ضوء النتائج المحصل عليها, تزودنا بتشخيص مطمئن . مع العلم أن الصيد الحالي يستهدف اسماك يبلغ معدل طولها المتوسط: 15.95سم, أي انه أعلى من L_m (13.78سم) و أعلى من L_{cri} (15سم) للمخزون الحالي. هذا ما يضع كيفية الاستغلال الحالية في وضعية عامة ملائمة.الكتلة الحيوية للمخزون المستغلة حاليا والمقدرة بـ 4892 طن مضبوطة بـ 84 % من ربح عبر النمو و خسارة 73 % عبر الموت الطبيعي. الكتلة الحيوية الأصلية أو القدرة الكامنة للإنتاج مقدرة بـ 6919 طن. نتائج منحنى الاستغلال تضع الاستغلال الحالي في مستوى "نقص الاستغلال" مع جهد صيد حالي F_{act} = 0.96 سنة$^{-1}$ مقابل جهد صيد أقصى F_{max} = 4.62 سنة$^{-1}$.

تبعا للنتائج المحصل عليها و وفقا لمبادئ "المنهجية الحذرة" في تسيير المصايد البحرية, فان رفع كمية سمك الآلتشة المصطادة بنسبة 27% أي الوصول إلى ما يعادل 1653 طن والموافق لجهد صيد $F_{0.1}$ = 1.86 سنة$^{-1}$, يكون بالتالي ممكنا و مرغوب فيه للتمكن من الرفع المستدام والمسئول لمردود الصيد الحالي. يعتبر جهد الصيد الأقصى F_{max} = 4.62 سنة$^{-1}$, كحد يجب تجنبه حسب هذه المنهجية الجديدة في التسيير . الاقتراب من هذه النقطة يجر الاستغلال إلى منطقة مجازفة كبرى. مجمل هذه الآراء و التوصيات تضع الاستغلال في مأمن من هاجس"الاستغلال المفرط" و هذا باعتبار الفرضية العامة للاستقرار, أي, استقرار المقاييس البيولوجية المستخدمة في مختلف التحاليل و كذا استقرار الخصائص البيئية الحالية.

الكلمات الأساسية : الآلتشة, خليج عنابة, المخزون, أخذ العينات, الكمية المصطادة, العمر, النمو, التكاثر, الموت, VPA, الاستغلال, الكتلة الحيوية, النقطة المرجعية البيولوجية, $F_{0.1}$ و المنهجية الحذرة.

SOMMAIRE **Page**

INTRODUCTION **1**

Chapitre I: GENERALITES **3**
1. INTRODUCTION **4**
2. PRESENTATION DE L'ESPECE : (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) **4**
2.1. Taxonomie **4**
2.2. Description **5**
2.3. Habitats et distribution géographique **6**
3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE : le golfe de Annaba **8**
3.1. Présentation géographique **8**
3.2. Présentation océanographique **10**
3.2.1. Les courants **10**
3.2.2. Paramètres physico-chimiques **11**
3.2.3. Planctonologie **11**
3.2.3.1. Phytoplancton **11**
3.2.3.2. Zooplancton **11**
3.3. Facteurs météorologiques **12**
3.4. Golfe de Annaba et les sous-divisions statistiques FAO **13**
3.5. Pêche à la sardinelle dans le golfe de Annaba **14**
4. ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNEES **17**
4.1. Echantillonnage **17**
4.2. Statistiques des pêches de la sardinelle **18**
4.2.1. Série historique des captures **19**
4.2.2. Taux de sardinelle parmi les captures en petits pélagiques **20**

Chapitre II: ETUDE DES PARAMETRES BIOLOGIQUES **25**
1. INTRODUCTION **26**
2. ÂGE ET CROISSANCES **26**
2.1. MATERIEL ET METHODES **26**
2.1.1. Âge **26**
2.1.2. Croissances **27**
2.1.2.1. Croissance linéaire **27**
2.1.2.2. Croissance relative **28**
2.1.2.3. Croissance pondérale **29**
2.2. RESULTATS ET DISCUSSION **29**
2.2.1. Âge **29**
2.2.2. Croissances **34**
2.2.2.1. Croissance linéaire **34**
2.2.2.2. Croissance relative **36**
2.2.2.3. Croissance pondérale **38**
3. REPRODUCTION **40**
3.1. MATERIEL ET METHODES **41**

3.2. RESULTATS ET DISCUSSION **45**
3.2.1. Sex-ratio et distribution des sexes **45**
3.2.2. Distribution des sexes en fonction de la saison **47**
3.2.3. Taille de première maturité sexuelle **48**
4. MORTALITES **53**
4.1. MATERIEL ET METHODES **54**
4.1.1. Mortalité totale (Z) **54**
4.1.2. Mortalité naturelle (M) **56**
4.1.3. Mortalité par pêche (F) **57**
4.1.4. Probabilités des captures selon les longueurs **57**
4.2. RESULTATS ET DISCUSSION **60**
4.2.1. Mortalités totale **60**
4.2.2. Mortalités naturelle **61**
4.2.3. Mortalité par pêche **63**
4.2.4. Probabilités de captures **63**

Chapitre III : ETUDE DE L'EXPLOITATION **66**
1. INTRODUCTION **67**
2. MATERIEL ET METHODES **68**
2.1. Choix de l'approche analytique **69**
2.2. Les modèles structurés en longueurs **70**
2.3. Modèles de base pour le calcul des abondances numériques **72**
2.3.1. Modèle de survie **72**
2.3.2. Modèle de capture **73**
2.3.3. Calcul de l'abondance numérique **74**
2.4. Calcul des valeurs moyennes **75**
2.5. Equations de calcul des taux instantanés de mortalités (Z et F) **75**
2.6. Equation de la biomasse **77**
2.7. Modèle de rendement par recrue **78**
2.8. Modèle de biomasse par recrue **79**
2.9. Modèle de biomasse féconde par recrue (BF/R) **80**
2.9.1. Calcul de la biomasse féconde par recrue **80**
2.9.2. Calcul de la biomasse féconde relative par recrue (BF') **81**
2.10. Méthode de calcul du $F_{0.1}$ **82**
2.11. Conversion des longueurs en âges « Slicing » **84**
3. RESULTATS ET DISCUSSION **85**
3.1. Captures en nombre et en poids **85**
3.1.1. Captures en nombre **85**
3.1.2. Captures en poids **87**
3.2. Etat du stock des survivants (stock actuel) **89**
3.2.1. Effectif du stock actuel **89**
3.2.2. Stock actuel en poids **90**
3.3. Taux instantanés de mortalités (Z et F) **93**
3.4. Âges moyen et critique **95**

3.5. Biomasse totale équilibrée **97**
3.6. Analyse par recrues **99**
3.6.1. Rendements et biomasses par recrues **99**
3.6.2. Biomasse féconde par recrue **101**
3.7. Avis de gestion selon les résultats obtenus **103**
3.8. Approche de précaution et principe de durabilité **106**

CONCLUSION **108**

BIBLIOGRAPHIE **112**

ANNEXES **124**

Liste des figures Page

Figure 1. La sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847*)* **5**
Figure 2. Répartition mondiale et méditerranéenne de *Sardinella aurita* **7**
Figure 3. Le golfe de Annaba **9**
Figure 4. Représentation de la circulation des courants dans le golfe de Annaba **10**
Figure 5. Répartition géostatistique des zones de pêche **13**
Figure 6. La pêcherie de la sardinelle du port de pêche de Annaba **15**
Figure 7. Port de pêche de Annaba (la Grenouillère) **16**
Figure 8. Répartition des captures en petits pélagiques du port de pêche de Annaba **21**
Figure 9. Captures mensuelles de *S.aurita* du golfe de Annaba durant l'année 2006 **23**
Figure 10. Répartition des captures par type de métier de *S.aurita* **24**
Figure 11. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles en cohortes **30**
Figure 12. Distribution saisonnière des polygones de fréquences de tailles **33**
Figure 13. Courbe de croissance linéaire de *S.aurita* du golfe de Annaba **34**
Figure 14. Evolution du poids éviscéré (W_{ev}) en fonction de la taille (L_T) **36**
Figure 15. Courbes d'allométrie de *S.aurita* selon différents auteurs **38**
Figure 16. Courbe théorique de croissance pondérale **39**
Figure 17. Différenciation sexuelle chez *S.aurita* du golfe de Annaba **42**
Figure 18. Evolution des taux de féminité (T_f) et de masculinité (T_m) **46**
Figure 19. Variation de T_F et T_M en fonction des saisons **47**
Figure 20. Taille de première maturité sexuelle chez les ♀ de *S. aurita* **49**
Figure 21. Taille de première maturité sexuelle chez les ♂ de *S. aurita* **50**
Figure 22. Taille de première maturité sexuelle chez *S. aurita* à sexes confondus **51**
Figure 23. Représentation des phases exploitée et exploitable d'un stock **59**
Figure 24. Calcul de Z par la courbe de captures selon les longueurs **60**
Figure 25. Calcul des probabilités de captures **64**
Figure 26. Détermination des probabilités de captures de *Sardinella aurita* **64**
Figure 27. Schéma conceptuel des modèles analytiques **69**
Figure 28. Courbe à long terme de Y/R et B_{moy}/R contre F **79**
Figure 29. Diagramme de Y/R montrant le point-cible de référence $F_{0.1}$ **82**
Figure 30. Evolution des captures en nombre en fonction de la taille **86**
Figure 31. Evolution des captures en poids en fonction de la taille **88**
Figure 32. Evolution de la biomasse (en nombre) en fonction de la taille **90**
Figure 33. Evolution de la biomasse (en poids moyens) en fonction de la taille **92**
Figure 34. Variation du taux de mortalité par pêche selon la VPA **94**
Figure 35. Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée **98**
Figure 36. Courbe bidimensionnelle du Y/R et de la B/R **100**
Figure 37. Biomasses fécondes par recrue et relatives selon le régime d'exploitation **102**
Figure 38. Présentation des avis de gestion du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba **105**
Figure 39. Graphique de précaution pour la gestion du stock de *S.aurita* **106**

Annexes

Figure 1. Distribution annuelle des fréquences de tailles **125**
Figure 2. Distribution mensuelle des fréquences de tailles **126**
Figure 3. Distribution des fréquences de tailles de *S.aurita* par sexe **127**
Figure 4. Captures par pays de la sardinelle en Méditerranée durant l'année 2006 **132**

Liste des tableaux

Page

Tableau.1. Position systématique de (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) **4**
Tableau 2. Distribution des fréquences de tailles du stock de *S.aurita* **18**
Tableau 3. Evolution des captures de *S.aurita* (1999-2006) **20**
Tableau 4. Evolution des captures en petits pélagiques (1999-2006) **21**
Tableau 5. Evolution mensuelle des captures de *S.aurita* par type de métier **22**
Tableau 6. Distribution de fréquences de tailles de *S.aurita* durant l'année 2006 **26**
Tableau 7. Clés âge-longueur obtenues par la méthode de Bhattacharya (1967) **29**
Tableau 8. Différents Résultats de l'âge et des tailles moyennes correspondantes **31**
Tableau 9. Paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) **34**
Tableau 10. Paramètres de croissance linéaire selon différents auteurs **35**
Tableau 11. Relation d'allométrie entre le poids éviscéré et la longueur totale **36**
Tableau 12. Valeur de la relation taille poids de *S.aurita* dans différentes régions **37**
Tableau 13. Poids asymptotiques W∞ de *Sardinella aurita* d'après la littérature **39**
Tableau 14. Echelle macroscopique de maturité sexuelle chez les deux sexes **44**
Tableau 15. Distribution des fréquences de tailles par sexe et sex-ratios **46**
Tableau 16. Variation de T_F et de T_M en fonction de la saison chez *S. aurita* **47**
Tableau 17. Taille de première maturité sexuelle chez les ♀ de *S. aurita* **48**
Tableau 18. Taille de première maturité sexuelle chez les ♂ de *S. aurita* **49**
Tableau 19. Taille de première maturité sexuelle chez *S. aurita* à sexes confondus **50**
Tableau 20. Longueur totale à la première maturité sexuelle selon différents auteurs **52**
Tableau 21. Données nécessaires pour le calcul de Z, M et L_c **56**
Tableau 22. Résultats de la courbe des captures en longueurs converties de *S.aurita* **61**
Tableau 23. Mortalités naturelle et totale de *S.aurita* dans différentes régions **62**
Tableau 24. Données nécessaires pour le calcul de la VPA **68**
Tableau 25. Captures en nombre d'individus en fonction de la taille **85**
Tableau 26. Captures en poids en fonction de la taille **87**
Tableau 27. Stock des survivants en nombre (VPA) **89**
Tableau 28. Stock des survivants en poids (VPA) **91**
Tableau 29. Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par VPA **93**
Tableau 30. Indicateurs des âges et tailles du stock de *S.aurita* données par la VPA **96**
Tableau 31. Indicateurs de la biomasse exploitable totale équilibrée (VPA) **97**
Tableau 32. Paramètres du rendement par recrue à différents stades d'exploitation **99**

Annexes

Tableau 1. Distribution des fréquences de tailles mensuelles et annuelle (N_i) **125**
Tableau 2. Distribution des fréquences de tailles par sexe **127**
Tableau 3. Données d'entrée pour le calcul de a et b, de la relation d'allométrie **128**
Tableau 4. Distribution saisonnière des effectifs échantillonnés par sexe **129**
Tableau 5. Pourcentage des individus matures (sexes confondus) **129**
Tableau 6. Données océanographiques du golfe de Annaba (2006) **130**
Tableau 7. Données météorologiques du golfe de Annaba (1996- 2006) **131**
Tableau 8. Données météorologiques du golfe de Annaba (2006) **131**
Tableau 9. Production de sardinelle dans les pays Méditerranéens (2000-2006) **132**
Tableau 10. Fiche de collecte des données de l'échantillonnage biologique **133**
Tableau 11. Fiche de collecte de données de capture (enquête personnelle) **134**
Tableau 12. Fiche de collecte journalière des statistiques de pêche (DPRHA) **135**

Liste des acronymes

ANAT :	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire
ArcGis :	Logiciel d'information géographique du groupe ESRI
CIEM :	Conseil International des Etudes Marines
CGPM :	Conseil Général des Pêches en Méditerranée
COPACE :	Comité des Pêches de l'Atlantique Centre Est
C.W :	Chemin de Wilaya
DPRHA :	Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de Annaba
EGPP :	Entreprise de gestion des Ports de Pêche
FAO :	Food and Agriculture Organization
FIGIS :	FAO International Global Information System
FISAT :	FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools
FISHPARM :	Fisheries Estimation by Nonlinear Parameter program
FISHSTAT+ :	Fisheries Statistics (statistiques des captures de pêche de la FAO)
GFCM :	General Fisheries Council of Mediterranean sea
GSA :	Geographical Sub-Area
ICCAT :	International Commission of Conservation of Atlantic Tuna
ICES :	International Council for the Exploration of the Sea
Ind :	Indéterminé
JORADP :	Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
LCHF :	Laboratoire Central Hydrographique de France
MSP :	Maximum Spawning Potential (ou Potentiel Maximum de Reproduction)
MPRH :	Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques
NAFO :	North Atlantic Fisheries Organization
NMFS :	National Marine Fisheries Service
NOAA :	National Oceanographic and Atmospheric Administration
ONM :	Organisation Nationale de la Météorologie
PRB :	Point de Référence Biologique (ou BRP : Biological Reference Point)
PRC :	Point de Référence Cible (ou TRP : Target Reference Point)
PRL :	Point de Référence Limite (ou LRP : Limit Reference Point)
R.N :	Route Nationale
SHOM :	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
VIT :	Software for fishery analysis

Liste des symboles

a : Ordonnée à l'origine (écart type de l'ordonnée à l'origine)
a : Constante de la relation d'allométrie
b : Coefficient d'allométrie
b : Pente (Z)
$\overline{B}$ **:** Biomasse moyenne annuelle se trouvant dans la mer pendant une année (g ou tonnes)
$\overline{B_i}$ **:** Biomasse moyenne annuelle de la cohorte appartenant à la classe i (g ou tonnes)
B_t **:** Biomasse moyenne calculée à l'âge t (g ou tonnes)
B/R : Biomasse par recrue (g)
BF : Biomasse féconde (ou SSB : Spawning Stock Biomass) (g ou tonnes)
BF/R : Biomasse féconde par recrue (g)
BF' : Biomasse féconde relative (%)
B_v **:** Biomasse vierge (ou B_0) (g ou tonnes)
C_i **:** Capture en nombre de chaque âge i
C C : Centre de classe (cm)
D : Biomasse totale équilibrée (g ou tonnes)
d.d.l : Degrés de liberté
F : Femelles
$F_{0.1}$ **:** Point de référence biologique cible selon l'analyse de Y/R (an^{-1})
F_{max} **:** Point de référence biologique limite selon l'analyse du Y/R (an^{-1})
F_{act} **:** Effort de pêche à l'état actuel d'exploitation (an^{-1})
F_0 **:** Effort de pêche nul (absence de pêche et stock à l'état vierge)(an^{-1})
$F_{30\%}$ **:** Point de référence biologique selon l'analyse BF/R
G : Growth (croissance)
I : indice de classe
I.C $_{(a)}$ **:** Intervalle de confiance de l'ordonnée à l'origine pour $\alpha = 5\%$
I.C$_{(b)}$ **:** Intervalle de confiance de la pente pour $\alpha = 5\%$
K : Coefficient de vitesse de croissance (an^{-1})
L_c **:** Longueur moyenne de première capture (équivalente à la L_{50}) (cm)
L_m **:** Taille de première maturité sexuelle (cm)
L_r **:** Taille de recrutement (cm)
L_t **:** Longueur totale au temps t (cm)
L_{25} **:** Longueur ou 25% des poissons sont susceptibles d'être capturés (cm)
L_{50} **:** Longueur ou 50% des poissons sont susceptibles d'être capturés ($L_{50} = L_c$) (cm)
L_{75} **:** Longueur ou 75% des poissons sont susceptibles d'être capturés (cm)
L_∞ **:** Longueur asymptotique (cm)
M : Mâles
M : Mortalité naturelle (an^{-1})
MSY : Maximum Sustainable Yield ou Capture Maximale Soutenue ($g.an^{-1}$)
M_x **:** Moyenne des x
M_y **:** Moyenne des y

N_M : Nombre de mâles

N_F : Nombre de femelles

N_T : Nombre totale (NT =NM + NF)

N : Nombre d'observations

N_i : Effectif en nombre de la classe i

N_{i+1} : Nombre de survivants à la fin de l'année

$\overline{N}_i$: Nombre moyen annuel de la cohorte de la classe i

$N_{(t)}$: Effectif moyen de la cohorte à l'âge t

P : Pente théorique = 3

P_0 : Pente calculée par la méthode des moindres carrés

r : Coefficient de corrélation

r^2 : Coefficient de détermination

R : Recrutement

S : Taux de survie

S_{po} : Ecart-type de la pente calculée

S_x : Ecart-type de L_T

S_y : Ecart-type de L_0

S.I : Indice de séparation qui doit être supérieur à 2

S_x : Ecart-type des x

S_y : Ecart-type des y

$SR_{(t)}$: Sex-ratio à l'âge t

t_0 : Âge auquel la taille du poisson est théoriquement nulle (an)

T_M : Taux de masculinité

T_F : Taux de féminité

Δt_i : Intervalle de temps

t_0 : Paramètre de croissance de von Bertalanffy (an)

t_c : Âge à la première capture (an)

t_r : Âge au recrutement (an)

t_{cri} : Âge critique du stock vierge (an) (correspondant à une longueur critique L_{cri})(an)

t_m : Âge de première maturité (an)

$\overline{W}_i$ Poids moyen de la cohorte de la classe i (g ou tonnes)

W_t : Poids éviscéré (g) au temps t (g)

W_t : Poids total (g) correspondant à L_t

W_∞ : Poids corporel asymptotique (g)

W(t) : Poids individuel moyen (g) des animaux d'âge t

Y : Capture (ou rendement) (Yield) (g/an ou tonnes/an)

Y/R : Rendement par recrue ($g.an^{-1}$)

Z : Mortalité totale (an^{-1})

Z_i : Mortalités totale et par pêche de chaque âge i (an^{-1})

Θ_t : Coefficient de fécondité à l'âge t

$\overline{\Theta}$: Taux moyens des individus sexuellement mâture par âge

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'exploitation des ressources halieutiques dans les eaux du golfe de Annaba est une activité très ancienne et remonte à des époques lointaines. Des témoignages archéologiques attestent de la rusticité de la pêche dans cette partie du littoral algérien.

Durant ces dernières années un débat international s'anime autour de l'effondrement et la raréfaction d'un grand nombre de stocks halieutiques stratégiques à travers différentes régions du monde. L'augmentation incessante de la pression de pêche sur des stocks halieutiques de plus en plus limités, malgré leur aptitude à s'auto renouveler, est désignée comme étant la principale cause de la diminution des abondances des ressources halieutiques et constitue la plus grande menace au développement durable de l'activité de pêche.

Quant est il donc du stock de la sardinelle *(Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) exploité dans le golfe de Annaba? Et quelle est la quantité maximum qui puisse être pêchée annuellement sans affecter la capacité du stock à se régénérer convenablement?

Dans ce contexte et afin de répondre à ces questions pertinentes, une étude d'évaluation du stock halieutique de *S.aurita* exploité dans le golfe de Annaba a été entreprise durant l'année 2006, et ce, en vue d'estimer la biomasse disponible (exploitable) et de proposer des recommandations de gestion sur la base d'un diagnostic du stock et du régime d'exploitation. Ces recommandations se veulent et doivent être rationnelles, responsables et respectueuses des principes de précaution et de la durabilité de l'activité de pêche.

La sardinelle est la deuxième ressource halieutique la plus capturée par les unités de pêche du port de Annaba "La Grenouillère" (DPRHA, 2006); et contribue de ce fait au maintien de l'équilibre socio-économique des activités halieutiques. En effet, la sardinelle prend part d'une manière significative dans la rentabilisation du métier de la pêche dans la région, et participe en grande partie à l'approvisionnement du consommateur local et des régions limitrophes en protéines animales marines fraîches, de bonne qualité alimentaire et à prix d'achat abordable. A l'importance des captures en sardinelles enregistrées au niveau du port de pêche de Annaba (la Grenouillère), fait face une absence totale d'étude d'exploitation de cette espèce dans le golfe de Annaba.

La connaissance des paramètres biologiques caractérisant le stock exploité de la sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) du golfe de Annaba, constitue une étape *sine qua none* et préalable à l'étude de l'exploitation. Cette partie de l'étude permettra l'élaboration d'un diagnostic qualitatif du stock exploité par l'étude de l'âge, de la croissance, de la reproduction et des mortalités. Les données collectées lors de l'échantillonnage biologique réalisé durant l'année 2006 et l'élaboration de la distribution de fréquences de tailles constituent le socle de cette étude. Le traitement des données nécessitera le recours aux modèles et outils adéquats d'évaluation halieutique, en particulier, le FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005) préconisé par la FAO et les différents groupes d'experts (CGPM, ICES, NAFO, ICCAT).

L'étude de la biologie de *S.aurita*, a été maintes fois étudiée, que ce soit en Atlantique ou en Méditerranée. La sardinelle de la côte algérienne a été étudiée par un nombre de scientifiques : Bounhioul (1921), Dieuzeide et Roland (1957), Chavance *et al* (1986), Bouaziz *et al* (2001), Hamida (2003) et Bouaziz (2007). Cependant, les études de la dynamique des stocks exploités de cette espèce ont été rarement entamées,

en particulier en Méditerranée. A noter qu'a part l'étude de Bouaziz (2007) réalisée sur la région centre de la côte algérienne, aucune étude d'évaluation de la dynamique du stock de *S.aurita* n'a été entamée en Méditerranée. Ce manque d'études est paradoxal avec les captures considérables de la sardinelle ronde et leurs fortes contributions dans les captures totales en particulier sur la rive méridionale de la Méditerranée.

L'étude d'exploitation par l'élaboration d'un diagnostic quantitatif, de l'état du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba exploité par les unités de pêche du port de Annaba, selon une approche analytique et suivant les protocoles d'évaluation actuels, en usage dans les différentes régions du monde, s'est imposé donc, comme un besoin et une problématique pertinente, notamment, face à une augmentation incessante et de plus en plus prononcée de la capacité de pêche.

L'objectif principal de cette partie de l'étude est de définir la biomasse exploitable de *S.aurita* disponible et ses caractéristiques structurales et démographiques ainsi que les différents indices d'abondance du stock par une Analyse Virtuelle des Populations (VPA). Une analyse du rendement par recrue (Y/R), de la biomasse par recrue (B/R) et de la biomasse féconde par recrue (BF/R) seront ensuite réalisées afin de suivre l'évolution du régime d'exploitation et l'état de la biomasse selon les différents scénarios de pêche susceptibles de l'affecter, à savoir, l'état actuel de l'exploitation, le niveau cible ou optimal (selon l'approche de précaution) et le niveau maximal ou limite.

En réponse aux flagrants échecs de l'approche conventionnelle, basée sur le principe de la maximisation des captures comme principe d'évaluation et de gestion des stocks halieutiques, l'approche de précaution est devenue le cadre général dans lequel sont réalisées actuellement les études d'évaluations halieutiques de par le monde. En effet, l'effondrement d'un grand nombre de stocks halieutiques stratégiques, et considérés à haut degré de résilience (sardine de Californie, hareng de mer du Nord et morue du Canada), a pousser les halieutes à adopter de nouvelles approches dans leurs études, pour conseiller et orienter la gestion et l'aménagement des pêcheries.

Le protocole suivi lors de cette étude donnera, et selon les principes de précaution, deux indicateurs ou points de référence biologiques (PRB) des plus pertinents. Ces indicateurs seront représentés par, le taux de mortalité par pêche cible (préconisé) $F_{0.1}$ et le taux de mortalité limite F_{max}. A ces deux indicateurs calculés, correspondront les indicateurs de biomasse et de biomasse féconde respectifs et qui renseigneront sur l'évolution de l'état du stock sous les différentes situations d'exploitation. Ces points de référence biologique seront transcrits en des indicateurs de gestion concrets et compréhensibles pour les gestionnaires et les pêcheurs et ce par la fixation de la valeur du Totale Admissible de Capture (TAC). Le traitement au logiciel VIT (Lleonart et Salat, 1997) conçu et préconisé pour l'analyse des pêcheries méditerranéennes, a rendu possible toute cette démarche.

Enfin, l'objectif final de cette étude est d'attirer l'attention sur la pertinence de l'information scientifique (biologique), indispensable pour répondre à des questions et à des besoins d'ordres pratiques de plus en plus actuels. Cette démarche aspire à une conciliation de la démarche scientifique et la gestion des pêches, seule gage, d'une exploitation durable, responsable et rationnelle de la ressource halieutique.

Chapitre I :
GENERALITES

1. INTRODUCTION

La recherche en halieutique nécessite le rassemblement des données afin de pouvoir conseiller. Le rassemblement de ces données doit se faire de la meilleure manière afin de pouvoir conseiller avec le plus de confiance et de précision possibles. Parce qu'une pêcherie présente des fluctuations d'une année sur l'autre, le chercheur a aussi besoin de la contrôler, de mettre à jour ses estimations et de continuer ses recherches par l'amélioration de ses méthodes. Avant qu'un chercheur halieute ne puisse même commencer à donner des conseils, il doit savoir quelles informations il doit rassembler pour décrire sa pêcherie. Une série de recherches sont impliquées sur la base des données fournies par la pêcherie (Holden et Raitt, 1974).

2. PRESENTATION DE L'ESPECE: (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847)

Très répandue dans les captures réalisés dans le golfe de Annaba, *S.aurita* est l'un des poissons les plus disponibles et les plus exploités parmi l'ensemble des ressources halieutiques de cette zone du littoral algérien.

2.1. Taxonomie

Le genre *Sardinella* (Tabl.1) a été décrit pour la première fois par Valenciennes (1794-1865) dans son "Histoire Naturelle" des Poissons (Cuvier et Valenciennes) en 1847; on trouve d'ailleurs ce poisson décrit sous d'autres noms, dans ce même ouvrage, selon sa provenance géographique : *Meletta mediterranea* (Toulon), *Sardinella anchouia* (Rio de Janeiro). Ces appellations sont maintenant mises en synonymie avec *S. aurita* par la plupart des auteurs (Whitehead, 1985; Ben Tuvia, 1956).

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

Tableau.1. Position systématique de (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847).

Embranchement	*Chordata*
Sous-embranchement	*Vertebrata*
Infra-embranchement	*Gnathostomata*
Super classe	*Osteichthyes*
Classe	*Actinopterygii*
Sous classe	*Neopterygii*
Infra-classe	*Teleostei*
Super ordre	*Clupeomorpha*
Ordre	*Clupéiformes*
Sous ordre	*Clupeoidei*
Famille	*Clupeidae*
Genre	*Sardinella*
Espèce	*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847

Depuis 1838, différents synonymes scientifiques ont été attribués à cette espèce :

1. *Clupea aurovittata* Swainson, 1838
2. *Clupea caeruleovittata* Richardson, 1846
3. *Meletta mediterranea* Valenciennes, 1847
4. *Sardinella anchovia* Valenciennes, 1847
5. *Sardinella aurita* subsp. *mediterranea* Valenciennes, 1847
6. *Clupanodon pseudohispanica* Poey, 1860
7. *Sardinia pseudohispanica* Poey, 1860
8. *Sardinella euxina* Antipa, 1906
9. *Sardinella pinnula* Bean, 1912
10. *Clupea venulosa* Steinitz, 1927
11. *Sardinella aurita* subsp. *terrasae* Lozano-Rey, 1950

2.2. Description

La sardinelle présente un corps allongé, généralement de section subcylindrique, parfois plus comprimé; ventre arrondi, mais avec un alignement de scutelles formant une carène faible sur le profil ventral. Opercule lisse; bord postérieur de la fente operculaire avec deux excroissances charnues; œil 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 deux derniers rayons prolongés, nettement plus longs que ceux qui les précèdent; pelviennes insérées sous la dorsale et à 9 rayons. La Coloration du dos est bleu-vert, les flancs argentés, avec à mi-hauteur une ligne dorée pâle précédée d'une tache dorée en arrière de l'opercule; une tache noire distincte sur le bord postérieur de l'opercule (absence de pigment argenté sous-jacent); dorsale jaune plus ou moins foncé, ombrée sur le bord distal, à rayons antérieurs noirs, mais pas de tache noire à l'origine de la dorsale; pectorales jaune pâle moucheté de brun; caudale jaune très clair près de la base, le reste sombre avec les pointes très foncées ou noires (Fig.1). *S.aurita* peut atteindre une taille maximale de 33 cm mais elle est commune de 15 à 25 cm (Fisher *et al.*, 1987).

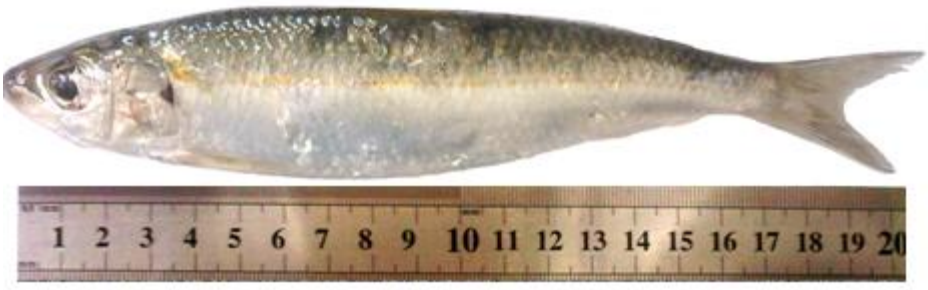


Figure 1. La sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847).

2.3. Habitats et distribution géographique

Sardinella aurita est une espèce pélagique côtière qu'on rencontre près de la surface des eaux littorales jusqu'à 350 m de profondeur au-delà du plateau continental. Elle est grégaire, elle se déplace en bancs qui effectuent des migrations saisonnières liées à la température de l'eau et à la richesse en plancton, elle remonte en surface pendant la nuit (Witehead, 1985).

La répartition géographique de *Sardinella aurita* est très vaste, puisqu'on la trouve en mer Noire, dans toute la Méditerranée, dans l'Atlantique oriental, depuis Gibraltar jusqu'en Afrique du Sud (Saldanha bay), dans l'Atlantique occidental, du Brésil au golfe du Mexique, ainsi que dans l'Indopacifique (Indonésie, mer de Chine) (Fig. 2). Certains auteurs pensent toutefois qu'une comparaison approfondie devrait être faite entre les populations de l'Indopacifique, celles de l'Amérique du Sud et celles de l'Atlantique oriental-Méditerranée (Chikhi, 1995).

En Atlantique, le long de la côte africaine, *Sardinella aurita* est présente de façon continue (Chikhi, 1995). En effet, elle est présente depuis le Sud de la presqu'île ibérique jusqu'au Cap Frio au Sud de l'Angola vers 15°S. On note les plus grandes concentrations de *Sardinella aurita* dans ce secteur suivant la répartition des "upwellings", notamment de la Mauritanie (26°N) à la Guinée (10°N) (stock Sénégalo-Mauritanien), de la côte d'ivoire au Ghana (5°N) (Stock Ivoiro-Ghanéen) et du Gabon (0°) au sud de l'Angola (Stock Congo-Angolien). Le long de la côte américaine la distribution de *Sardinella aurita* va du Cap Cod (USA) jusqu'au sud de l'Argentine (Whitehead, 1985). Dans le pacifique Ouest, *Sardinella aurita* a été signalée au Sud du Japon, en Chine, Taïwan, l'archipel Indo-Australien et les Philippines (Regan, 1977; Fowler, 1941; Li Kwan-Ming, 1966 in Bebars, 1981 ; Froese et Pauly, 2007).

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

Selon les régions, plusieurs noms vernaculaires sont attribués à *S.aurita*: Round sardinella ou gilt sardine en anglais, Alacha en espagnol; Sardinelle, Sardinelle ronde ou Allache en français. En Algérie *S.aurita* est appelée Latcha (Dieuzede *et al.*, 1959 et Djabali *et al*., 1993). Les pêcheurs du golfe de Annaba l'appelle aussi par ce nom et lui consacrent deux autres indicatifs selon la taille du poisson, à savoir, latchoune pour les individus de petite taille et latcha tranglo pour les adultes de grande taille.

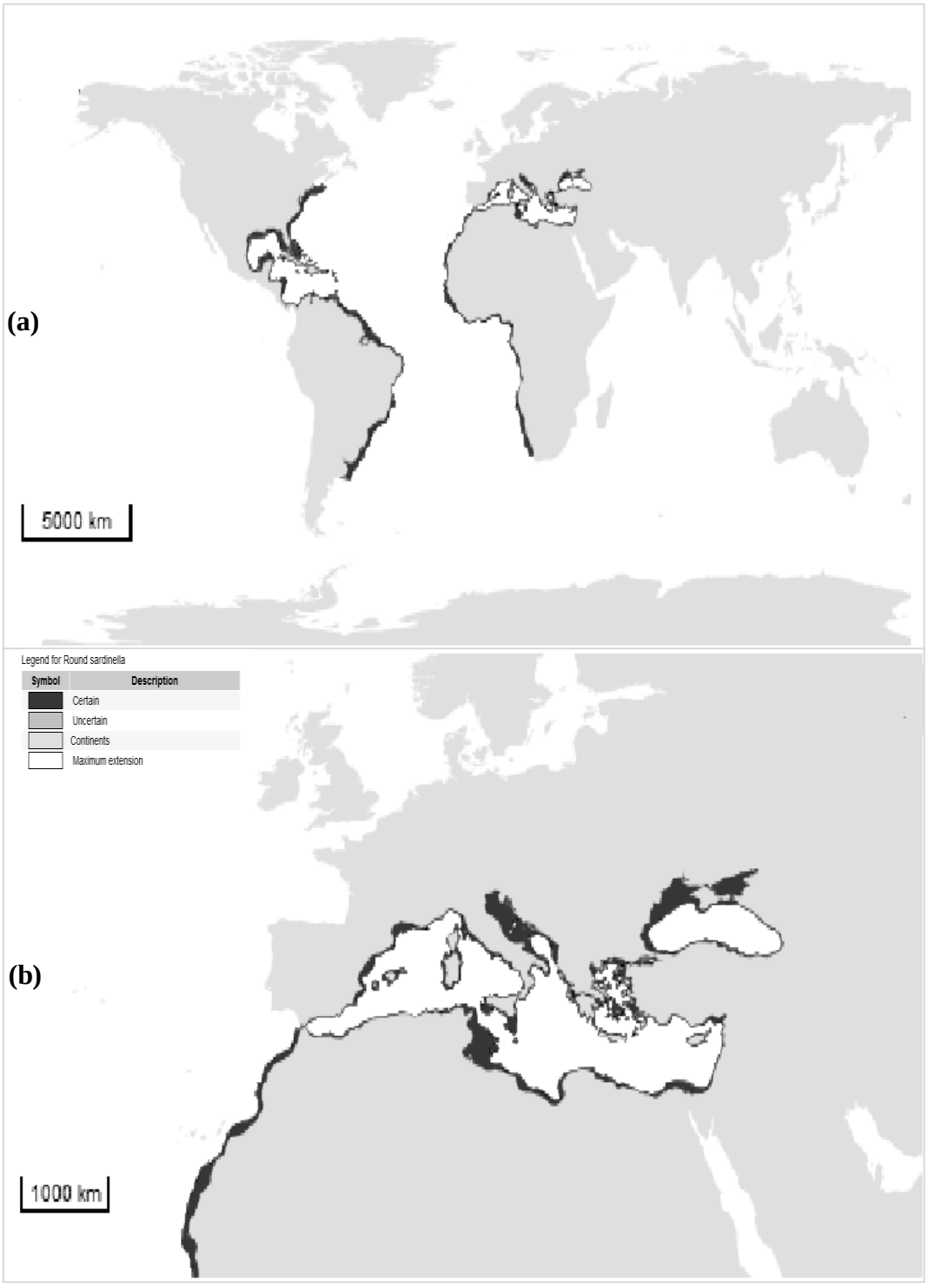


Figure 2. Répartition mondiale (a) et méditerranéenne (b) de *Sardinella aurita*. (FIGIS/FAO, 2007).

3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE : le golfe de Annaba

3.1. Présentation géographique

Afin d'évaluer l'état d'un stock de poisson, il est essentiel de déterminer la zone de pêche et qui constitue en plus, de la ressource ciblée et des techniques d'exploitation exercés, une composante principale du concept de pêcherie (Ifremer, 2008). Les études d'évaluation halieutique considèrent les zones d'étude comme une unité géographique à partir de laquelle elles définissent les caractéristiques de tel stock, de telle zone, pour élaborer à la suite les comparaisons interzonales et en tirer enfin les mesures de gestion qui s'imposent.

Le golfe de Annaba est la partie maritime du littoral Est-algérien, limité par les deux caps de Ras El Hamra (Cap de Garde) à l'Ouest et Ras Rosa (Cap Rose) à l'Est, entre les deux longitudes respectives: 07°47'11'' Est et 08°14'14'' Est (ArcGis, 2007).

La distance séparant les deux principaux amers du golfe de Annaba, à savoir, Ras El Hamra et Ras Rosa, est de 40 km (21.6 miles nautiques) de long. Dans la limite Ouest du golfe de Annaba, se trouve le massif de l'Edough dont l'extrémité littorale est le Ras El Hamra.

C'est dans ces limites géographiques et à moins de six miles nautiques au large, que s'effectue la quasi globalité des captures de *S.aurita* débarquée au niveau du port de pêche de Annaba (la Grenouillère). A noter que des captures occasionnelles sont réalisées à l'Ouest du Ras El Hamra, entre ce cap et le Ras Matfouch (Cap Axin).

Certains auteurs scientifiques et à leur tête le géologue Leclaire (1972), donnent à cette partie du littoral algérien le nom de « baie de Annaba », considérant comme "golfe de Annaba", la partie la plus étendue allant du Ras Toukouch à l'Ouest jusqu'à Ras Rosa à l'Est. Néanmoins, et au cours de cette étude, nous retiendrons afin d'éviter toute confusion, la dénomination la plus usuelle et la plus répandue qu'est "golfe de Annaba" pour la zone d'étude qui nous intéresse (Fig. 3).

Selon Leclaire (1972), les fonds du golfe de Annaba sont caractérisés par un substratum consolidé présentant plusieurs points d'affleurement répartis à travers toute la baie. Ces formations géologiques sont en fait des monticules rocheux que l'auteur qualifie de sortes de "Monadock's" ou "platiers" sous marins et qui sont recouverts en réalité par des couches importantes de coralligène. Ces platiers rocheux constituent une formation de type canyon très singulière.

Obaton (1998) note que, le golfe de Annaba en plus des deux golfes de Mostaganem et d'Oran, à l'Ouest, représentent les rares parties du littoral algérien où le plateau continental est légèrement étendu et bien développé.

Administrativement, le golfe de Annaba est partagé selon ses limites territoriales, entre les deux wilayas de Annaba dans sa partie occidentale et la wilaya d'El-Taref dans sa partie orientale. La limite des deux wilayas est désignée par le croisement de la route nationale (R.N) n° : 44 avec le chemin de Wilaya (C.W) n° : 109 (ANAT, 2007).

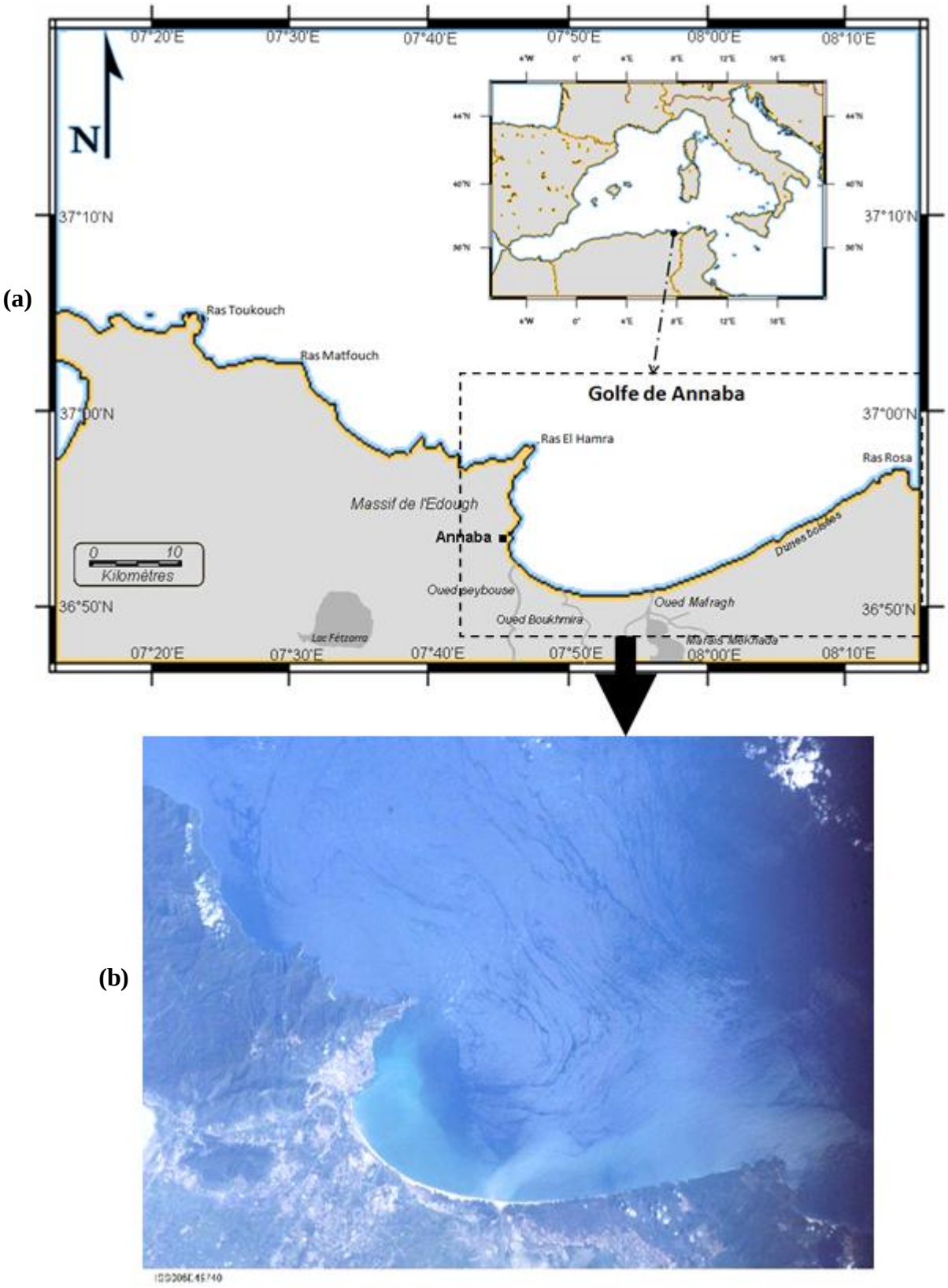


Figure 3. Le golfe de Annaba
[(a) SHOM, 2007(*modifiée)*; (b) Google (2007)].

3.2. Présentation océanographique

Les études et les données scientifiques de nature océanographique décrivant le golfe de Annaba sont rares et limitées. Cependant, les quelques études réalisées soit par des campagnes de recherche, des travaux de bureaux d'études ou bien par les diverses études universitaires, nous fournissent un certain nombre de données sur lesquelles une idée globale sur le golfe de Annaba peut être élaborée.

3.2.1. Les Courants

La connaissance du régime des courants au niveau d'une zone d'étude est primordiale et déterminante dans toute étude d'évaluation des ressources pélagiques. En effet, cette fraction des ressources halieutiques est prépondérante des différents types de circulation des masses d'eaux (courants horizontaux de surfaces ou de fonds, remontées des eaux ou upwellings, méandres et tourbillons, …etc.).

Le régime des courants côtiers qui circulent dans le golfe de Annaba a été étudié par le LCHF (1976) en utilisant des moyens de mesure différents et en exploitant les renseignements extraits des instructions nautiques. Les résultats de l'étude signalent l'existence d'un courant général dirigé vers l'Est (orientation 100°-120°), pouvant atteindre 1 à 2.5 nœuds et passant à quelques milles au large et d'un courant de 0.5 à 1.5 nœuds qui circulerait plus prés de la côte entre le cap de Garde et l'Oued Mafragh, prenant une direction Sud (150°-180°) et qui pourrait s'annuler au cours des tempêtes d'Est (LCHF, 1976).
Prés des côtes, de longs tourbillons apparaissent prenant une direction Est (90°-100°) avec une faible vitesse variant de 0.10 à 0.25 m/s. En revanche, en période de crues ou par tempête d'Est, les eaux coulent vers le Nord (LCHF, 1976 *in* Ounissi, 1998).

La consultation des images satellitaires (Google, 2007) représentant le golfe de Annaba (Fig. 4) montre, en particulier, durant les périodes de crue, quelques aspects de la circulation des masses d'eaux superficielles à l'intérieur du golfe.

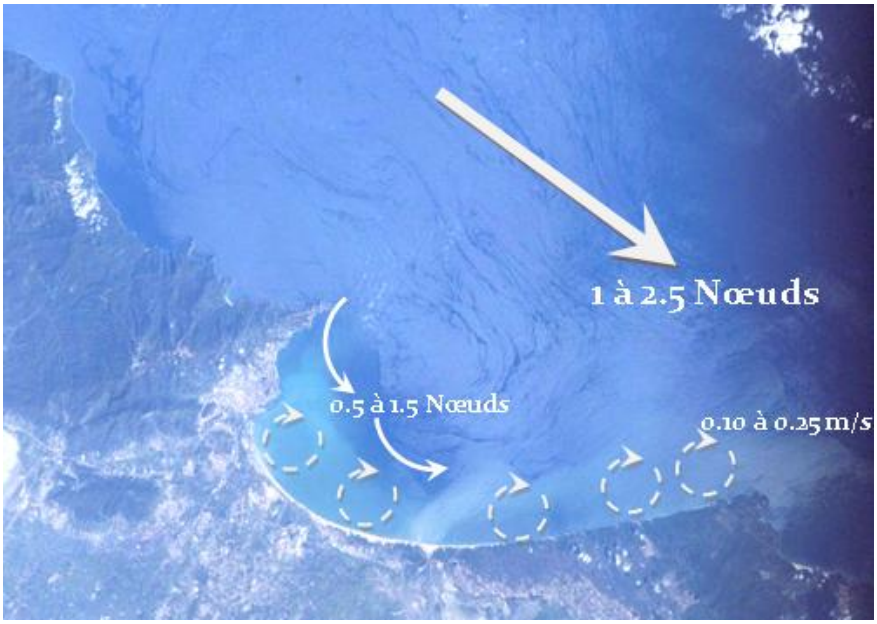


Figure 4. Représentation de la circulation des courants du golfe de Annaba (Google, 2007 *modifiée*).

3.2.2. Paramètres physico-chimiques

Les valeurs annuelles moyennes des différents paramètres physicochimiques caractérisant les eaux marines du golfe de Annaba mesurées durant l'année 2006 donnent, une température de 19.22°C, une salinité de l'ordre de 36.78, un PH de 7.8 et un taux de 50.64 % pour l'oxygène dissous (Chaouch, 2007) (Tableau 6, annexes).

A noter que *S.aurita* est une espèce sténotherme et sténohaline (Binet, 1982; Fréon et Misund, 1999 *in* Tsikliras et Antonopoulous (2006).

3.2.3. Planctonologie

S.aurita en tant que poisson petit pélagique planctonophage, constitue un des maillons essentiels de la chaîne alimentaire marine. Les sardinelles sont des poissons zooplanctonophages et les Copépodes constituent une part importante de leur ration alimentaire (Cury et Fontana, 1988). Nieland (1980), note pour *S.aurita* une possibilité d'alimentation à base de « détritus » telles que des particules de sables mélangées à des Diatomées dont l'ingestion remplacerait le manque d'aliments en période de faible abondance du plancton.

3.2.3.1. Phytoplancton

D'après Ounissi et Fréhi (1999), la baie de Annaba abrite des peuplements de phytoplancton très denses mais faiblement diversifiés. Les populations de Diatomées y sont toujours abondantes et formées principalement par *Coscnodiscus radiatus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros* spp. et *Rhizosolenia* spp. Les Péridiniens : *Protoperidium depressum*, *Dinophysis caudata*, *Ceratium* spp, peuvent en saison chaude développer de forts effectifs. D'autres part, les Tintinnides, se manifestent par des explosions démographiques, particulièrement en été et sont constitués essentiellement par 4 à 5 espèces opportunistes telles que *Favella serrata*, *Tintinnops campanula*, *Porecus apiculatus*, *Codonellopsis morchella*. La deuxième zone est caractérisée par des eaux plus transparentes, moins fertiles et mieux renouvelées. Les Dinoflagellés dominent à ce niveau tandis que les peuplements de Diatomés et de Tintinnides diminuent en effectif et que leur hiérarchie d'abondance spécifique est remaniée. La prolifération de *Pseudo-nitzshia multiseries* en avril s'étend en revanche à l'ensemble du secteur.

Frehi *et al*., (2007) dressent un inventaire des Dinoflagellés responsables des blooms toxiques ou non de la baie de Annaba où onze taxons sont décrits, parmi lesquels deux espèces signalées pour la première fois sur les côtes algériennes, *Alexandrium catenella* et *Gymnodinium catenatum*. Neuf autres espèces figurent sur cet inventaire, *Dinophysis caudata*, *D. fortii*, *D. rapa*, *D. rotundata*, *D. tripos*, *Lingulodinium polyedrum*, *Protoperidinium crassipes*. *Prorocentrum triestinum* et *Scrippsiella trochoidea*.

3.2.3.2. Zooplancton

Ounissi *et al.*, (1998) signalent que, dans le golfe de Annaba le zooplancton développe des populations denses (17461-202085 ind/m^3). Elles sont constituées principalement de taxons microphages : Copépodes, Tintinnides, Appendiculaires et Cladocères. Les Copépodes, représentés par 73 espèces, sont largement dominés par les populations côtières (*Acartia discaudata mediterranea*, *A.clausi*, *Euterpina acutifrons*, *Oithona nana*, *Paracalamus parvus* et *Centropages kröyeri*). Lorsque l'environnement physique change en période de brassage, les espèces d'eaux néritiques externes et océaniques pénètrent

dans le secteur en faibles abondances et tendent à augmenter l'indice de diversité. En revanche le peuplement se réduit en été à une dizaine d'espèces dominées par les populations d'eaux côtières eutrophes. Les Tintinnides sont abondants en toutes saisons et forment une fraction importante du zooplancton. *Favella serrata* se manifeste par des explosions démographiques et accompagne les poussées phytoplanctoniques d'avril et d'août. Les Cladocères ne sont fréquents qu'à partir de l'été comme la plupart des éléments méroplanctoniques.

3.3. Facteurs météorologiques

Les principaux paramètres météorologiques mensuels pour l'année 2006 et annuels pour la dernière décennie (1996-2006) ont été collectés auprès de la station météorologique de Annaba (ONM) (Tabl 7 et 8, annexes). Cette démarche a été entamée dans le but de cerner l'empreinte environnementale qui a prévalue durant la période de cette étude.

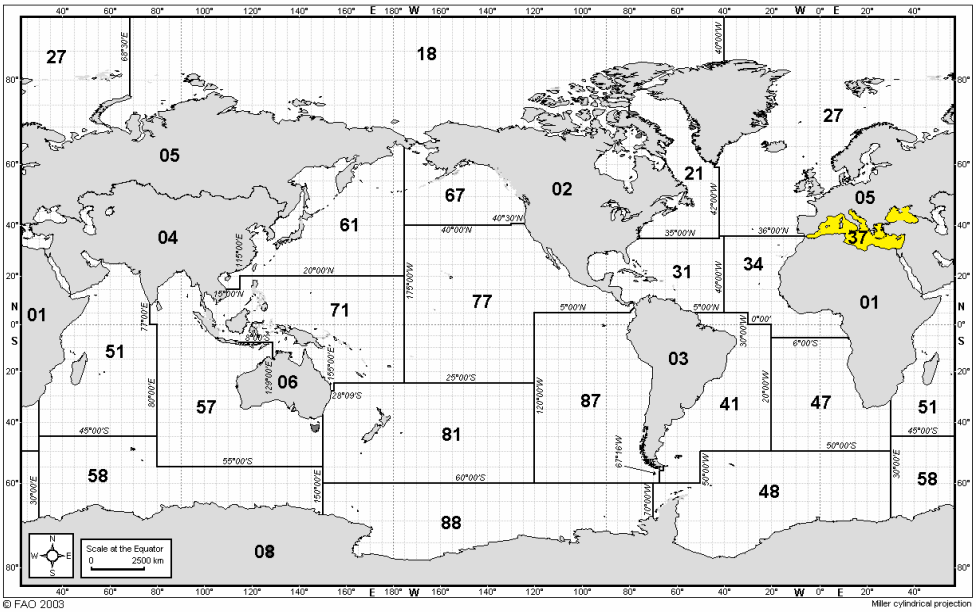
Les valeurs annuelles moyennes des paramètres météorologiques enregistrés en 2006 ont été de l'ordre de : 17.88° C pour la température atmosphérique, 48.71 mm pour la pluviométrie et 3.78 m/s pour la vitesse du vent (ONM, 2008).

Binet (1982 et 1988) explique que, les fluctuations d'abondance d'échelle décennale des petits pélagiques, sont dues aux variations climatiques et notamment au régime des vents.

3.4. Golfe de Annaba et les sous-divisions statistiques FAO

Le golfe de Annaba fait partie, selon la répartition géostatistique FAO, de la sous division 1.1.4 (bassin algérien) du CGPM-GSA (Geographical Sub-Area), de la division 1.1, englobant la mer d'Alboran et le bassin algérien, de la sous zone 1 (Méditerranée Occidentale) appartenant à la zone de pêche 37 représentant la Méditerranée et la mer Noire (Fig. 5).

(a)



(b)

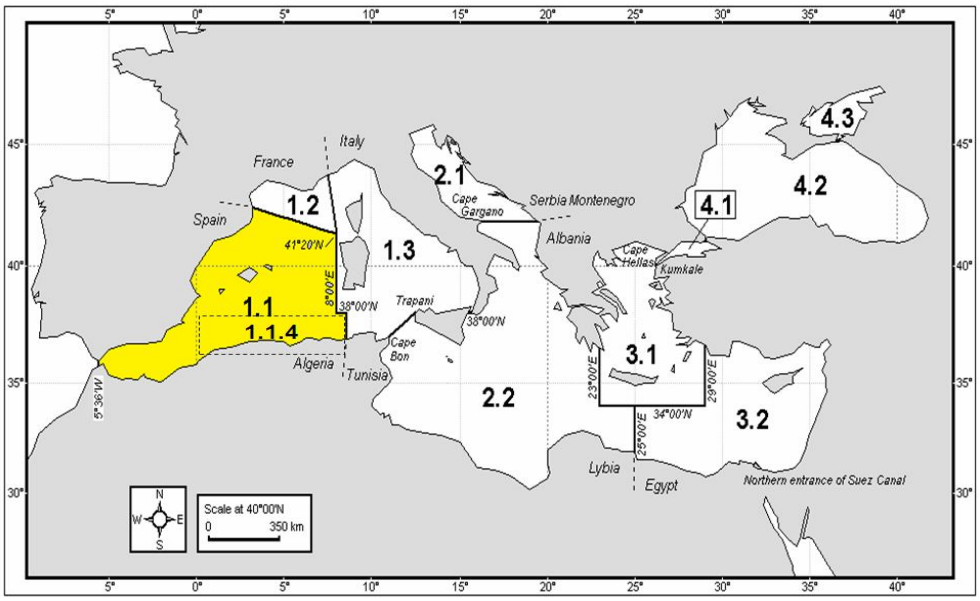


Figure 5. Répartition géostatistique FAO des zones de pêche [CGPM, 2007 (*modifiées*)].

Farrugio *et al.,* (1994) précisent qu'au plan du peuplement, il est pratiquement impossible à l'heure actuelle de délimiter géographiquement des populations au sens biologique mais on peut définir des "stocks", unités d'exploitation halieutique qui peuvent représenter tout ou partie d'une ou plusieurs populations. En pratique, les limites que l'on attribue à ces stocks correspondent à celles des zones d'activité des flottilles qui les exploitent.

3.5. La pêche de la sardinelle dans le golfe de Annaba

La sardinelle est pêchée dans le golfe de Annaba par les senneurs ou sardiniers (appelés aussi localement Ring net) en longueur de l'année de nuit comme de jour. Aucune restriction temporelle ne leur est imposée par la règlementation actuelle. L'engin de pêche utilisé est généralement la senne tournante coulissante en plus de quelques lamparos qui subsistent encore. Aucun texte règlementaire ne précise la dimension minimale autorisée pour l'ouverture de maille de ce type d'engins. Un seul texte limitant l'utilisation d'un seul canot porte feu pour chaque sardiner est cependant à signaler (JORADP N°78, 2003).

Les sardiniers du port de pêche de Annaba (la grenouillère) pêchent le plus souvent la nuit où ils pratiquent la pêche à la lumière (au feu) et par détection acoustique des bancs de poisson. La technique de pêche à la lumière est rendue inopérationnelle par le phénomène de la pleine lune provoquant ainsi une immobilisation presque totale de l'ensemble des sardiniers. Pour limiter les jours d'immobilisation due aux différentes causes environnementales, les sardiniers du port de Annaba pratiquent une pêche de jour et à proximité du rivage et que les pêcheurs locaux définissent par le terme de El Ghounss. Les captures de ce type de pêche sont reconnaissables par la présence plus ou moins importante de la grande sardinelle (*Sardinella maderenssis*), que les pêcheurs locaux appellent Sarraga, mélangées aux prises de *Sardinella aurita.* A noter qu'une journée de repos hebdomadaire est respectée par l'ensemble des navires de pêche et durant les jours de fêtes religieuses. Durant le mois de jeûne du Ramadhan, le taux d'immobilisation des sardiniers enregistre une augmentation notable. Ceci est dû à la diminution de la consommation de l'ensemble des poissons en général, et des petits pélagiques en particulier durant ce mois. La période succédant à la fête religieuse de l'Aïd El-Kabîr enregistre aussi un taux d'immobilisation très élevé pour l'ensemble de la flottille de pêche exploitant les petits pélagiques (Fig. 6 et 7).

La pêche de la sardinelle par une dizaine de chalutiers armés au chalut pélagique, est régie quant à elle par des mesures de gestion réglementaires plus prononcées. Des restrictions temporelles et spatiales sont établies par la réglementation en vigueur et correspondent à l'interdiction du chalutage à l'intérieur du golfe de Annaba durant la période de frai. En effet, l'exercice de la pêche aux chaluts, tous types confondus, est strictement interdit à l'intérieure du golfe de Annaba, du 1er mai au 31 août de chaque année (JORADP N°30, 2004)**.** C'est la période appelée par les pêcheurs par l'expression, fermeture du golfe. Durant ces quatre mois, tous les chalutiers sont obligés de pêcher dans des zones plus éloignées, ce qui fait apparaître une modification quantitative et qualitative des prises. Cette mesure restrictive est fortement critiquée par les armateurs des chalutiers car elle génère une modification dans leurs habitudes d'exploitation et augmente leurs dépenses en carburant. C'est pour cette raison que la majorité des armateurs préfèrent effectuer leurs opérations d'entretien et de carénage durant cette période, et en particulier, durant le mois d'août qui enregistre un taux d'immobilisation des chalutiers pélagiques de l'ordre de 100% (DPRHA, 2006).

En ce qui concerne l'engin de pêche, les chalutiers pélagiques du port de Annaba utilisent des chaluts pélagiques à 4 faces de types espagnols d'une ouverture de mailles de 20 mm. Une nouvelle directive règlementaire datant de 2006 (JORADP N°26, 2006) a redimensionné la taille minimale d'ouverture des mailles des chaluts pélagiques à 40 mm dans un souci de préservation du stock des juvéniles.

Pour ce qui est des tailles minimales de débarquement autorisées, appelées communément tailles marchandes, les mesures de gestion définissent une taille règlementaire de 15 cm pour *Sardinella aurita* (JORADP N°18, 2004).

Enfin, il est à noter que pour l'ensemble des types de métiers exploitant les ressources halieutiques, une règlementation régit et précise les zones de pêche côtière, au large et grande pêche) (JORADP N°36, 2001) ainsi que les caractéristiques techniques des navires de pêche autorisés à intervenir dans chaque zone (JORADP N°62, 2004).

Figure 6. La pêcherie de la sardinelle du port de pêche de Annaba
[Sardinier (en haut à gauche) et Chalutier pélagique (en haut à droite)].

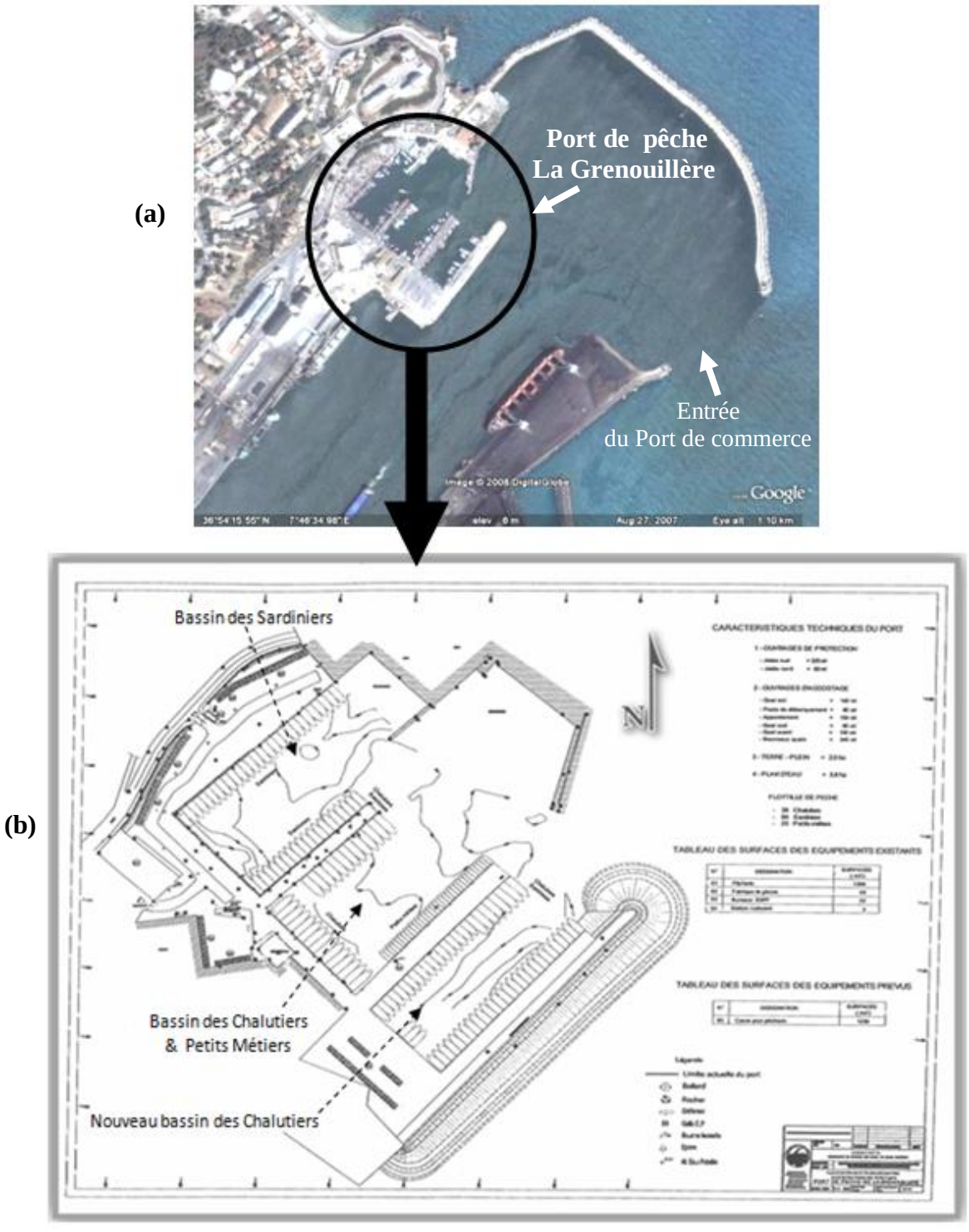


Figure 7. Port de pêche de Annaba (la Grenouillère)
[(a) Google, 2007 et (b) EGPP, 2007 (*modifiées*)].

4. ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNEES

Le praticien de la biologie halieutique recueille des données pour répondre à deux questions principales : combien de poissons se trouvent dans la zone où l'on a l'intention de pêcher ? Et quelle est la quantité maximum qui puisse être pêchée annuellement sans affecter la capacité du stock de produire ce rendement ? Incidemment, il peut satisfaire sa curiosité scientifique touchant la biologie des poissons qu'il étudie ou le milieu dans lequel ils vivent, mais il ne doit jamais perdre de vue son principal objectif (Caddy et Mahon, 1996).

La plupart des quantités étudiées en matière de recherche sur les pêches ne peuvent être observées ou mesurées sur l'ensemble de la population car il est pratiquement impossible de mesurer tout le poisson pris, encore moins tout le poisson de la mer. On n'examine qu'une partie, ou échantillon, de l'ensemble sur les points à étudier tels que pourcentage de poisson adulte ou taille moyenne. En supposant que cet échantillon soit représentatif en quelque manière de l'ensemble, on peut estimer la valeur vraie de toute la population. Si le système d'échantillonnage utilisé est bon, il est dès lors probable que le résultat sera très proche de la réalité (Gulland, 1966).

4.1. Echantillonnage

En vue de cerner les caractéristiques biologiques et afin d'essayer de tracer une esquisse du schéma compositionnel de la population de *S. aurita* exploitable dans le golfe de Annaba, nous avons procédé lors de cette étude à deux démarches essentielles et obligatoires à savoir : L'échantillonnage représentatif de la pêcherie et la collecte de données.

L'échantillonnage du type simple aléatoire a été réalisé au rythme des débarquements au port de pêche de Annaba (la Grenouillère), à raison d'un prélèvement par semaine durant toute l'année 2006 (Tabl. 10, annexes).

Le concept de base dans tout échantillonnage est l'échantillon aléatoire. Un échantillon d'individus d'une population est dit aléatoire (au hasard) si tous les membres de la population ont une chance égale d'apparaître dans l'échantillon (Gulland, 1966).

L'échantillonnage issu des 39 prélèvements hebdomadaires des débarquements de *S.aurita* réalisés au port de pêche de Annaba (La Grenouillère) au cours de l'année 2006, est composé de 1764 individus, dont 956 femelles, 628 mâles et 180 indéterminés. D'une longueur allant de 8.2 à 26.9 cm, l'effectif est réparti par intervalle de 1cm sur 19 classes de tailles (Tabl. 2).

Tableau 2. Distribution des fréquences de tailles du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba.

C C (cm)	**Effectif**			
	Ni	♀	♂	Ind
8.5	1	0	0	1
9.5	4	0	0	4
10.5	74	8	9	57
11.5	145	40	33	72
12.5	159	66	66	27
13.5	211	114	81	16
14.5	167	106	58	3
15.5	154	91	63	0
16.5	138	94	44	0
17.5	164	75	89	0
18.5	179	108	71	0
19.5	162	110	52	0
20.5	99	67	32	0
21.5	45	31	14	0
22.5	27	19	8	0
23.5	20	15	5	0
24.5	8	5	3	0
25.5	4	4	0	0
26.5	3	3	0	0
Total	**1764**	**956**	**628**	**180**

4.2. Statistiques des pêches de la sardinelle

Les statistiques des débarquements des captures de la sardinelle et des petits pélagiques associés du port de Annaba "La Grenouillère" durant l'année 2006 ainsi que les différentes données concernant la flottille, jours de pêche, taux d'immobilisation et autres données ont été notées. La présence permanente d'un agent de collecte des données au niveau du port, la diversification des sources d'informations et le rapprochement permanent auprès des professionnels de la pêche, les enquêtes personnelles (Tabl.11, annexes) et les entrevues réalisées ont permis une meilleure estimation des données de capture. Toutes ces données ont été reprises sur une fiche de suivi journalier élaborée au niveau de la DPRHAnnaba (Tabl.12) et ce afin de standardiser la méthode de collecte. Ces données sont ensuite cumulées sur une deuxième fiche de suivi décadaire, puis une troisième mensuelle (JORADP N°55, 2008).

Durant l'année 2006, étant chargé par l'administration des pêches (DPRHAnnaba) de chapeauter le dossier statistique au niveau de la Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques ; un effort d'amélioration des opérations de collecte de données a été effectué et ce en collaboration avec l'ensemble des techniciens et agents concernés. Les captures de *S.aurita* ainsi que celles qui lui sont associées et pour les besoins de cette étude ont fait l'objet d'une attention particulière.

Le suivi des captures des sardiniers est la tâche la plus ardue dans la collecte des données de débarquement. Cette difficulté réside dans les raisons suivantes :

- variation permanente et sporadique des horaires de sorties et rentrées au port ;
- une grande partie des débarquements se déroule très tôt le matin (entre 05 et 7h00) ;
- variation dans le nombre de navires opérant dans la zone d'études : sardiniers venant d'autres ports d'attache, variation du taux d'immobilisation, population maritime hétéroclite, difficile à cerner et souvent inaccessible ; et
- la diversité des captures en petits pélagiques, ou les captures de sardinelle sont parfois mélangées avec ceux de *Sardina pilcharus* (sardine), en plus de la présence parfois de quantité de *Sardinella maderensis* (grande sardinelle) dans les caisses de *S.aurita*.

Le débarquement des chalutiers pélagiques est plus facile à suivre étant donné que les horaires d'activité (Sortie : très tôt le matin, Rentrée : Début d'après midi) ainsi que le nombre des unités opérantes sont généralement fixes (10 unités ± 04).

Pour cette catégorie de navires, en outre :

- le collectif marin est connaissable, cernable et donc accessible ; et
- la sardinelle est considérée comme prise accessoire par ce type de métier. Donc, les patrons et armateurs de pêche communiquent aisément les données sur ce poisson, ce qui n'est pas le cas pour les autres espèces en particulier celles ayant une plus haute valeur commerciale.

4.2.1. Série historique des captures

En vue de se faire une idée sur l'évolution historique des captures de *S.aurita* au niveau du port de Annaba, une consultation de l'ensemble des bilans, rapports et périodiques statistiques disponibles au niveau de la Direction de la Pêche et des Ressources halieutiques de la wilaya de Annaba (DPRHA) a été effectuée.

Pour l'évolution annuelle des captures de la sardinelle au niveau national, régional (Méditerranée) et mondial, l'usage du logiciel FISHSTAT+ (FAO, 2000) nous a été d'une grande utilité. Les renseignements sur les pêches commerciales sont d'une grande importance en eux-mêmes dans toute étude de stock de poissons en exploitation parce qu'ils représentent ce qui est prélevé sur le stock. Ils sont aussi très importants en tant que l'une des meilleures sources de données sur la population du poisson elle-même (Gulland, 1966).

Le logiciel FISHSTAT+ de la FAO (FAO, 2000) compile toutes les statistiques de captures des différentes espèces exploitées à travers le monde depuis 1950 jusqu'à l'année 2006. Cette compilation statistique est répartie par pays et par subdivision statistique FAO.

Il est a noter que, les statistiques de captures nationales de la sardinelle et autres petits pélagiques données par le logiciel FISHSTAT+ (FAO) concordent parfaitement avec les statistiques de débarquement reportées sur l'annuaire des statistiques des pêches du Ministère de la pêche (MPRH, 2006), couvrant la période de 2000-2005 (Tabl. 3, 4 et 5).

Tableau 3. Evolution des captures mondiale, méditerranéenne, algérienne et du port de Annaba de *S.aurita* (Période: 1999-2006) (FISHSTAT+/FAO, 2000, MPRH, 2006, DPRHA, 1999 à 2006 et enquête personnelle, 2006).

	Echelle (niveau)				
Captures de sardinelle (tonnes)	**Année**	**Mondiale**	**Régionale** Mer Méditerranée	**Nationale** Algérie	**Locale** Port de Annaba
	1999	1078880	78518	11393	na
	2000	1053750	70694	20399	371
	2001	884646	91856	33748	66
	2002	730642	68284	24480	267.42
	2003	705750	64816	26397	2049.8
	2004	723164	63064	22516	1319.6
	2005	790298	62501	22942	1282.2
	2006	732548	65557	23527	1302.3
Moyenne		**802971.14**	**69538.86**	**24858.43**	**951.19**

La consultation des données de captures permet d'avoir une idée sur la tendance des captures de la sardinelle au niveau mondial, régional et national.

Durant l'année 2006, l'Algérie a enregistré la plus importante capture de sardinelle au niveau méditerranéen avec 23527 tonnes soit 35.89% des captures méditerranéennes (FAO/FISHSTAT+, 2000) (Fig. 4 et Tabl. 9, annexes). Le port de Annaba et durant cette même année a enregistré 1302.3 tonnes (DPRHA, 2006 et enquête personnelle, 2006). Les captures de sardinelles du golfe de Annaba durant l'année 2006 ont représenté 5.54% des captures algériennes, 1.99% des captures méditerranéennes et 0.18% des captures mondiales en sardinelles.

4.2.2. *Taux de la sardinelle parmi les captures en petits pélagiques*

Les observations issues de l'échantillonnage sont très riches en enseignements et permettent d'avoir une idée sur la manière dont l'espèce est pêchée ainsi que sur d'autres aspects tels que les espèces partageant la même niche écologique et associés dans les captures. Sur cet aspect, il a été noté un nombre d'espèces associés aux sardinelles dans les échantillons et qu'il fallait à chaque prélèvement trier. Les plus fréquents sont la sardine (*Sardina pilchardus*), la grande sardinelle (*Sardinella maderensis*), l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la bogue (*Boops boops*).

Tableau 4. Evolution des captures en petits pélagiques du port de Annaba.
Période: 1999-2006 (DPRHA, 2006).

Espèce / Année	Captures (tonnes)					
	Sardine	**Sardinelle**	**Chinchards**	**Anchois**	**Bogue**	**Maquereaux**
1999	3426	na	150	285	na	na
2000	1031	371	145	408	na	na
2001	861	66	54	140	9	na
2002	1090.14	267.42	411.4	97.07	77	45.6
2003	3052.4	2049.8	452.83	28.45	50	82.18
2004	2472.8	1319.6	473.1	373	133.2	192.4
2005	1343	1282.2	278.3	205.6	45.5	125
2006	1685.5	1302.3	492.7	380.5	304	60.1
Moyenne	**1647.98**	**951.19**	**329.62**	**233.23**	**103.12**	**101.06**

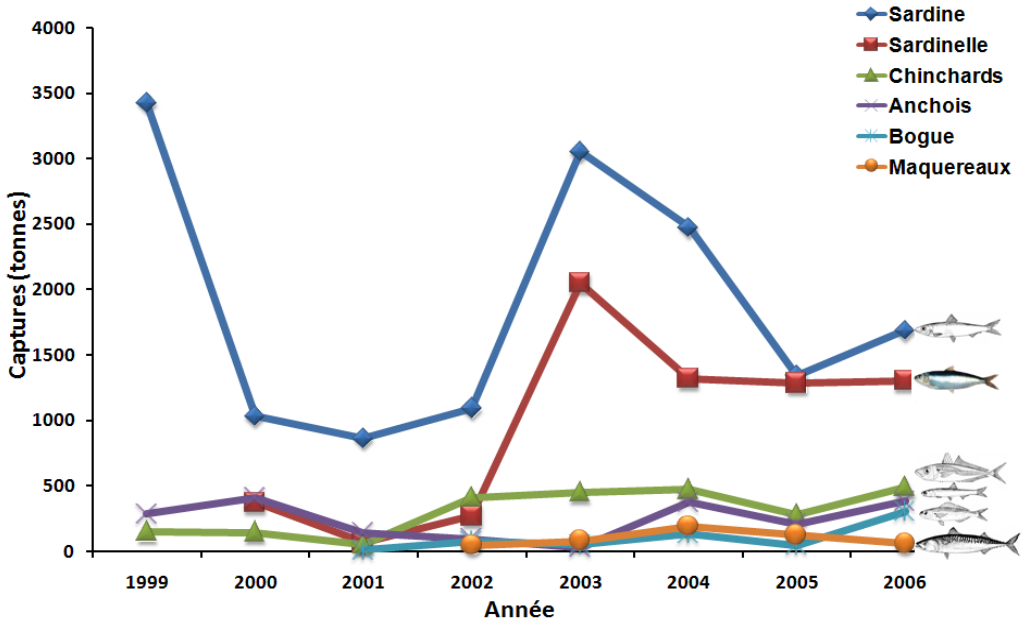


Figure 8. Répartition des captures en petits pélagiques du port de pêche de Annaba.
Période : 1999-2006 (DPRHA, 2006)

Les données de captures annuelles de la sardinelle n'apparaissent qu'à partir de l'année 2000 sur les bulletins statistiques de l'administration des pêches locale (DPRHA) (Tabl. 4). Avant l'année 2000 les captures en sardinelles étaient confondus avec ceux de la sardine. Les statistiques de captures en *S.aurita* disponibles présentent des fluctuations apparentes où un net démarquage des captures en sardine et sardinelle par rapport aux autres petits pélagiques est observé (Fig. 8). L'évolution des captures montre aussi une variabilité interannuelle des captures avec un pic de production de la sardinelle de l'ordre de 2050 tonnes durant l'année 2003.

Lleonart (*in* FAO, 2005) sur une analyse des captures méditerranéennes des sardinelles note que les fluctuations à long terme sont similaires dans différentes zones de la Méditerranée où sont exploités des stocks de petits pélagiques, ce qui laisse penser que des fluctuations

périodiques à long terme peuvent se produire lorsque des conditions environnementales se superposent à des effets anthropogènes. Ce même auteur explique que les captures en Méditerranée tendent nettement vers la hausse et que cette augmentation continue, en particulier, des *Sardinella* (tropicales) et la diminution apparente d'autres espèces telles que le sprat (boréal) peuvent refléter un processus de réchauffement de la planète (FAO, 2005).

S.aurita occupe durant l'année 2006, la deuxième position dans les captures des petits pélagiques réalisées dans le golfe de Annaba. Ces captures de la sardinelle représentent 31% de l'ensemble des captures en petits pélagiques (sardine, sardinelle, anchois, chinchards, bogue et maquereaux) et 18 % des captures totales (toutes espèces confondues) débarquées au port de pêche de Annaba, et qui ont été, selon les bulletins statistiques de l'administration des pêches, de l'ordre de 7191,82 tonnes (DPRHA, 2006).

A signaler que les captures de *S.aurita* enregistrées au niveau du port de Annaba durant l'année 2006 ont été réalisées par 74 unités de pêche (actives) composées de :

- 68 sardiniers actifs (sur 109 se trouvant au port durant l'année 2006 dont 81 immatriculés au port de Annaba), caractérisés par une puissance motrice moyenne de 130 ch, une longueur moyenne de 10 m, une largeur moyenne de 3.3 m, un creux moyen de 1.4 m, une valeur moyenne de jauge brute de 9.6 tnx et un âge moyen de 20 ans (DPRHA, 2006) ; et

- 10 chalutiers (pratiquant le chalutage pélagique), caractérisés par une puissance motrice moyenne de 503 ch, une longueur moyenne de 18.7 m, largeur moyenne de 5.84 m, un creux moyen de 3.06 m, une valeur moyenne de jauge brute de l'ordre de 56.562 tnx et un âge moyen de 19 ans (DPRHA, 2006).

Tableau 5. Evolution mensuelle des captures de *S.aurita* débarquées au port de Annaba par type de métier durant l'année 2006.
(DPRHA et enquêtes personnelles, 2006).

Type de métier / Mois	Captures (tonnes)		
	Sardiniers	**Chalutiers**	**Total**
Janv	11.7	30.6	42.3
Fév	67	50	117
Mar	54	32	86
Avr	172	49	221
Mai	166	33	199
Jui	98	46	144
Juil	16.5	11	27.5
Aout	69.5	0	69.5
Sept	57	5	62
Oct	56	22	78
Nov	120	45	165
Déc	66	25	91
Total	**953.7**	**348.6**	**1302.3**
Taux (%)	**73**	**27**	**100**

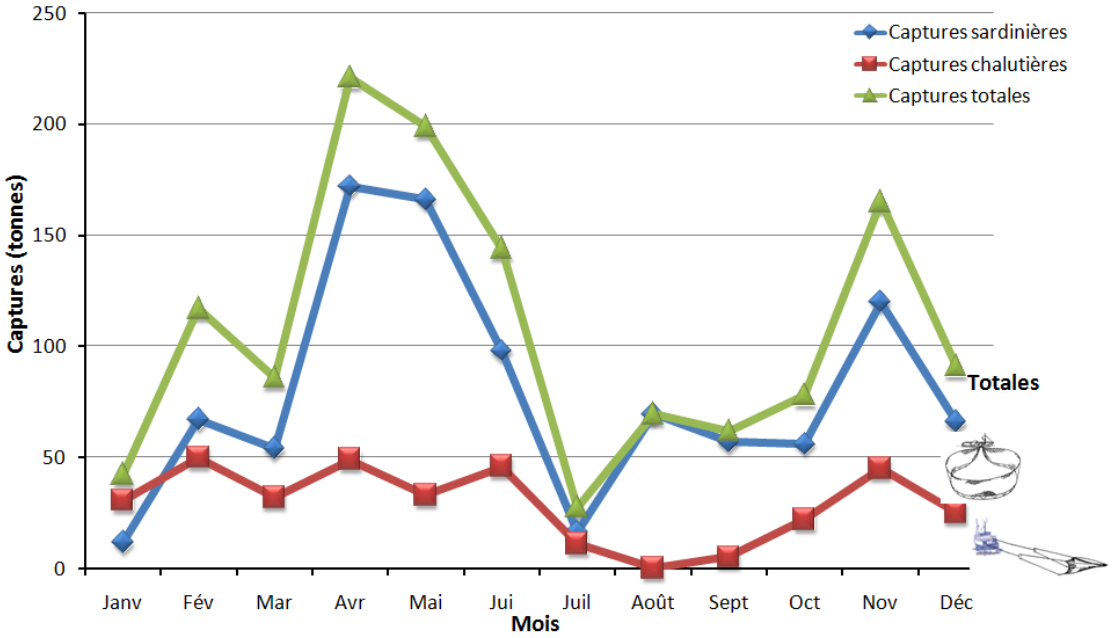


Figure 9. Captures mensuelles de *S.aurita* du golfe de Annaba durant l'année 2006.

Le suivi des captures mensuelles de *S.aurita* réalisées dans le golfe de Annaba, présente une fluctuation quasi permanente le long de l'année (Tabl. 5 et Fig. 9). Cependant, deux tendances principales vers l'augmentation des captures sont remarquables durant le printemps et l'automne. A noter que le mois d'avril représente le mois ou la plus grande capture est réalisée avec 221 tonnes, devant une deuxième reprise durant le mois de novembre de l'ordre de 165 tonnes. Cette accessibilité saisonnière au printemps et en automne de la sardinelle est alternée par une diminution des captures durant l'hiver et l'été. Ce caractère d'accessibilité saisonnier des poissons pélagiques à été décrit par Beddington et Rettig (1984). Cet état de fait peut être interpréter par l'influence des caractéristiques biologiques de l'espèce mais aussi par l'influence des blooms planctoniques coïncidant aux pics des captures printanières et automnales. Sans oublier l'amélioration de l'effort d'exploitation durant ces deux saisons qui sont régies par des conditions météorologiques favorables.

La nette diminution des captures chalutières durant la saison estivale est due à l'interdiction de pratiquer tout type de chalutage à l'intérieur du golfe de Annaba. Cette mesure réglementaire de gestion des activités de pêche actuellement en vigueur (JORADP N°30, 2004), est d'autant plus pertinente dans le cas de cette étude, du fait que la période de fermeture annuelle du golfe de Annaba durant cette période, concorde avec la période de reproduction de *S.aurita* le long des côtes algériennes.

Une analyse statistique de l'évolution des captures avec les différents paramètres environnementaux et avec ceux de l'effort de pêche serait intéressante pour repérer les facteurs les plus influents sur la pêcherie. Une autre analyse comparative entre les différentes techniques et engins de pêche utilisés pour l'exploitation de *S.aurita* serait également d'un apport certain.

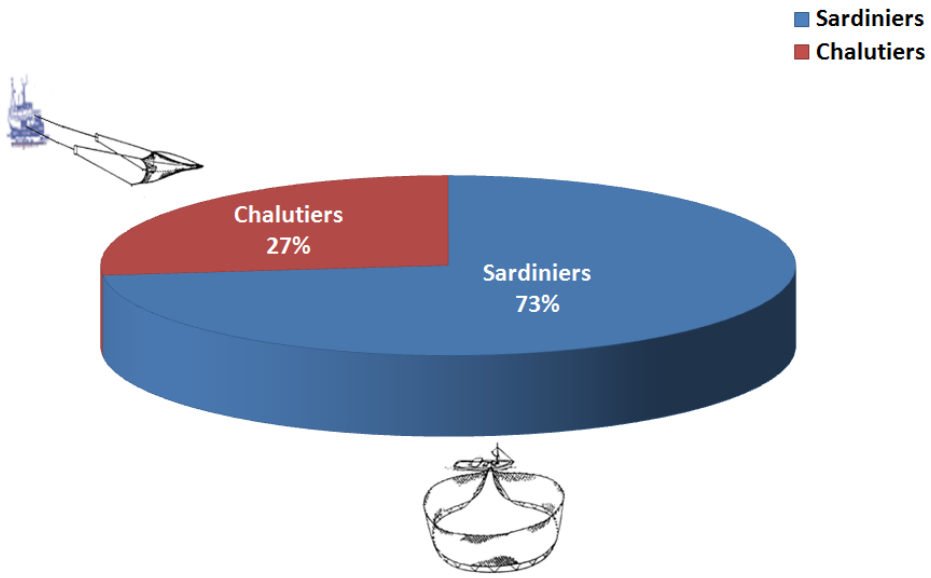


Figure 10. Répartition des captures par type de métier de *S.aurita* débarquées au port de pêche de Annaba durant l'année 2006.

Il est à signaler que, sur les 1302.3 tonnes de sardinelles capturées en 2006, 953.7 tonnes (73%) ont été pêchées à la senne et 348.6 tonnes (27%) au chalut pélagique (DPRHA, 2006 et enquête personnelle, 2006) (Fig. 10).

S.aurita du golfe de Annaba est donc essentiellement exploitée par les sardiniers pêchant à la senne tournante coulissante d'une longueur de maille de 9.2 mm (côté de maille). Une dizaine de chalutiers ont pratiqué la pêche aux petits pélagiques et de la sardinelle durant l'année 2006. Ces derniers pêchent au chalut pélagique avec une ouverture de maille de l'ordre de 20 mm. Les captures mensuelles en sardinelle ronde par cette technique de pêche ne dépassent pas les 50 tonnes.

Chapitre II :
ETUDE DES PARAMETRES BIOLOGIQUES

1. INTRODUCTION

Afin de définir le stock de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba, il est impératif de cerner ses différentes caractéristiques biologiques. Ceci constituera une image du stock du point de vue biologique.

2. AGE ET CROISSANCES

2.1. MATERIEL ET METHODES

2.1.1. Âge

L'utilisation des modèles analytiques comme moyen d'évaluer l'état d'un stock exige la définition du concept de l'âge. On définit par "âge" la moyenne d'âge de la vie d'une cohorte qui débute à partir de l'éclosion des larves des œufs issus d'une même pente (Sparre et Venema, 1998). Pour les études de l'âge basées sur un échantillonnage des captures les âges déterminés sont ceux du stock exploité et non de la population toute entière.

L'élaboration de la distribution de fréquences de tailles des individus échantillonnés constitue le point de départ de l'ensemble de l'étude (Tabl. 6).

Tableau 6. Distribution de fréquences de taille de *S.aurita* du golfe de Annaba.

Saison / **C C (cm)**	**Hiver** (Ni)	**Printemps** (Ni)	**Eté** (Ni)	**Automne** (Ni)	**Distribution annuelle** (Ni)
8.5				1	1
9.5	1			3	4
10.5	32	2		40	74
11.5	87	5	1	52	145
12.5	76	27	3	53	159
13,5	83	23	15	90	211
14.5	47	28	12	80	167
15.5	39	23	45	47	154
16,5	24	22	41	51	138
17,5	43	44	44	33	164
18.5	34	40	91	14	179
19,5	19	55	75	13	162
20,5	5	49	40	5	99
21.5	6	15	20	4	45
22.5	6	12	9		27
23,5	3	13	4		20
24.5	1	6	1		8
25,5		4			4
26.5		3			3
Total	**506**	**371**	**401**	**486**	**1764**

Afin de déterminer la clé âge-longueur représentant le stock de *S.aurita* (sexes confondus) du golfe de Annaba la méthode de décomposition des fréquences de tailles de Bhattacharya (1967) a été utilisée grâce à un traitement au logiciel informatique FISAT II (Gayanilo *et al*, 2005).

Cette méthode basée sur l'analyse des compositions en taille des captures conduit à identifier les différents groupes d'âges présents, en se basant sur l'hypothèse que chaque groupe d'âge possède une distribution gaussienne des tailles individuelles et une taille modale qui lui est propre.

2.1.2. Croissances

2.1.2.1. Croissance linéaire

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

Pour des raisons pratiques, l'information disponible sur la croissance des poissons d'un stock donné est généralement résumée, et seulement exprimée au moyen d'une équation unique telle que l'équation de croissance de von Bertalanffy (1938), dont la version la plus simple est de la forme :

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

où :
L_t : longueur au temps t (cm) correspondant à la longueur L_t ;
L_∞ : longueur asymptotique (cm);
t_0 : âge auquel la taille du poisson est théoriquement nulle (an); et
K : coefficient de vitesse de croissance (an^{-1}).

Le modèle de von Bertalanffy apparaît valide pour l'immense majorité des organismes aquatiques et est donc presque toujours retenu. Au minimum, il constitue une approximation suffisante pour construire un modèle de dynamique des populations. Il est d'usage courant pour les nombreuses espèces, notamment aquatiques, qui présentent une croissance continue (mais plus rapide chez les jeunes) sur toute leur durée de vie (Gascuel, 2008).

Le calcul de L_∞ et K a été réalisé par traitement au logiciel FISAT II (Gayanilo *et al*, 2005). t_0 n'a pas été pris en considération dans l'étude (ce paramètre non biologique n'est pas requis dans la plupart des modèles d'évaluation des stocks (Froese et Pauly, 2007) et il prend une valeur nulle dans les calculs au logiciel FISAT II (Gayanilo *et al*, 2005).

2.1.2.2. Croissance relative

Afin de cerner l'évolution du poids du stock de la sardinelle du golfe de Annaba à travers ses différentes classes de tailles ou groupes d'âge selon les résultats de la croissance linéaire trouvés ; la mesure du poids total et le poids éviscéré systématique de l'ensemble des individus échantillonnés a été réalisée. Le poids éviscéré a été retenu pour le calcul par l'utilisation de l'équation mathématique d'allométrie décrivant la croissance relative et qui lie le poids à la taille.

Cette équation s'écrit comme suit :

$$W_t = a * L_t^{\,b} \quad \dots (2)$$

où :
W_t : Poids éviscéré (g) au temps t;
L_t : longueur totale (cm) au temps t ;
a : constante ; et
b : coefficient d'allométrie.

A partir de cette équation les paramètres a et b sont déterminés par le programme FISHPARM (Prager *et al*, 1989), ce dernier fixe le type d'allométrie liant la croissance linéaire et la croissance pondérale du stock de sardinelle du golfe de Annaba. FISHPARM calcule les coefficients de la relation d'allométrie grâce à une régression non-linéaire de W_t en fonction de L_t (Prager *et al*., 1989).

Par transformation logarithmique, cette équation est linéarisée et s'écrit comme suit :

$$ln\ W_t = b * ln\ L_t + ln\ a$$

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).

Le test $|t|_{cal.}$ donné ci-après, basé sur la comparaison de deux pentes (*in*, Bouaziz *et al*., 1998), a été introduit afin de confirmer ou d'infirmer le type d'allométrie.

$$|t| = \frac{|P - P_0|}{S_{P0}} \; ; \quad (S_{P0})^2 = \frac{(S_y/S_x)^2 - (P_0)^2}{N - 2} \; ; \quad \text{avec un } d.d.l. = N - 2 \text{ et } \alpha = 5\%$$

où :
P = pente théorique = 3 ;
P_0 = pente calculée par la méthode des moindres carrés ;
S_{po} = écart-type de la pente calculée ;
N = nombre de couples de valeurs ;
S_x = écart-type de x (L_t) ;
S_y = écart-type de y (W_t) ; et
d.d.l = degré de liberté.

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

Pour définir le type d'allométrie qui lie la longueur totale de la sardinelle (L_T) et son poids éviscéré (W_{ev}), 153 couples de valeurs (L_T, W_{ev}), de tailles allant de 8.2 (L_{min}) à 26.9 cm (L_{max}) et de poids éviscéré correspondants allant de 3.56 à 118.19 g (sexes confondus), ont été utilisés pour le calcul. Pour se rapprocher au plus prés de la réalité, tous les individus échantillonnés ont été mesurés et pesés et les 153 valeurs représentant la moyenne des poids éviscérés mesurés de chaque classe de taille de la distribution présente dans la distribution de fréquence annuelle ont été retenues (Tabl.3, annexes).

2.1.2.3. Croissance pondérale

Le modèle de croissance pondérale exprime quant à lui le poids individuel des animaux en fonction de leur âge, soit W_t. Il se déduit du modèle de croissance en taille, en utilisant la relation taille/poids (Gascuel, 2008).

La relation de la croissance pondérale est établie à partir des deux équations (1) et (2).

La relation de croissance pondérale s'écrira alors comme suit:

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

Où :
W_t et W_∞ sont les poids (g) correspondant respectivement aux L_t et L_∞, K est le coefficient de croissance (an^{-1}) de l'équation de von Bertalanffy (1938), et b, le coefficient d'allométrie extrait de la relation longueur-poids.

2.2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.2.1. Âge

Le traitement de la distribution annuelle de fréquence de tailles de *S.aurita* du golfe de Annaba par le FISAT II (Gayanilo *et al*, 2005) par la méthode de Bhattacharya (1967), nous fournie la Clé Âge -Longueur (CAL) qui dessine la structure démographique du stock.

Tableau 7. Clés âge-longueur obtenues par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II : Gayanilo *et al*, 2005).

Âge (an)	longueur moyenne (cm)	population	S.I.
1	11.30	223.00	n.a.
2	13.68	537.00	2.57
3	18.00	941.00	2.65
4	23.51	100.00	4.05

où :

S.I : indice de séparation qui doit être supérieur à 2 (Gayanilo *et al*, 2005)

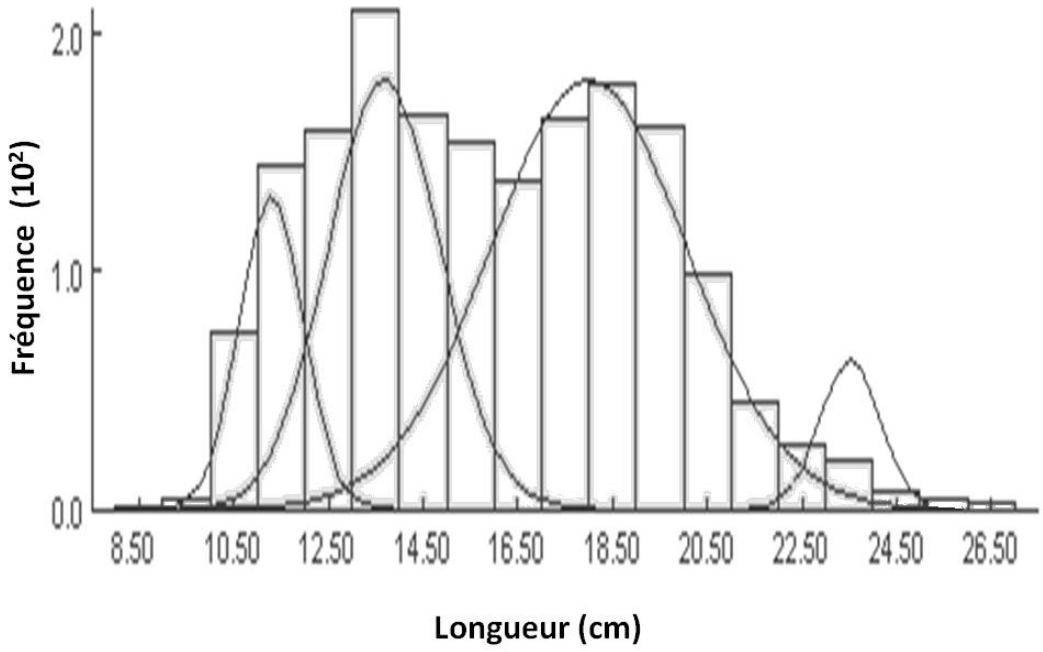


Figure 11. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles des sardinelles (sexes confondus en cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, 2005).

La population de *S.aurita* du golfe de Annaba est composée de quatre (04) cohortes de tailles moyennes respectives de l'ordre de : 11.3, 13.68, 18 et 23.51cm (Tabl. 7 et Fig. 11).

L'effectif le plus important appartient au groupe d'âge 3 avec une proportion de 52.25%, suivi par le groupe d'âge 2 avec 29.82%, puis le groupe d'âge 1 avec 12.38% et enfin le groupe d'âge 4 (fraction des poissons les plus âgés) avec 5.55%.

A noter que dans les cas simples, tel que celui de *Sardinella aurita*, il existe une seule saison de reproduction par an et donc une cohorte par an. La cohorte est définie soit par son année de naissance, soit par l'année de recrutement. Tous les animaux d'une cohorte appartiennent donc au même groupe d'âge, et changent naturellement de groupe d'âge (mais pas de cohorte !) chaque année (Gascuel, 2008).

Tableau 8. Différents Résultats de l'âge et des tailles moyennes correspondantes.

Zone	Région	Auteur	Age : 1	Age : 2	Age : 3	Age : 4	Age : 5	Age : 6
			L_1 (cm)	L_2 (cm)	L_3 (cm)	L_4 (cm)	L_5 (cm)	L_6 (cm)
ATLANTIQUE	Sénégal	Postel (1955)	15	21-22	25-26	29-30	33-34	
	Sénégal	Boely (1979)	22.6	32.5	35.3	36.3		
	Congo	Rossignol (1955)	15	23	27	29		
	Congo	Gheno (1975)	20.8	27.3	29.7	30.5	30.8	31
	I. Canaries	Navarro (1932)	13.7	18.9	23.6	26.8	28.5	
MEDITERRANEE	I. Baléares	Oliver et Navarro (1952)	12.9	18.2	21.8	23.8		
	G. du Lion	Lee (1961)	10.5	16.9	21.4	23.4		
	Mer Egée	Ananiades (1952)	12.1	17.3	21.74	24.7	26	
	Israël	Ben Tuvia (1956)	11.2	15.8	19.2	21.7	23.4	25.7
	Egypte	El Maghraby *et al.* (1970)	13.25	18.5	21.6	23.4		
	Egypte	Bebars (1973)	12.35	17.01	19.44	21.9	23.62	25.5
	Tunisie	Kartas (1981)	11.71	16.96	20.1	23.16		
	Algérie (Oran)	Dieuzeide et Roland (1957)	13.08	15.75	17.67	19.3		
	Algérie (Bou Ismaïl)	Bouaziz *et al.* (1998)	♀ 8.8 ♂ 8.8	♀ 15.1 ♂ 15	♀ 19 ♂ 17.3	♀ 21.4 ♂ 19.5	♀ 22.3 ♂ 19.9	
	Algérie (G. Annaba)	Hamida (2003)	11.44	15.16	20.04	22.53		
	Algérie (région centre)	Bouaziz (2007)	11.18	16.67	20.28	24.03	26.54	
	Algérie (G. Annaba)	**Présente Etude**	**11.30**	**13.68**	**18.00**	**23.51**		

La sardinelle du golfe de Annaba est caractérisée par une faible longévité, estimée à 04 ans. La majorité des études réalisées à travers la Méditerranée s'accordent à donner le même âge aux différents stocks de *S.aurita* étudiés.

La comparaison des résultats obtenus avec ceux issus d'un nombre d'études (Tabl. 8) montre que les âges et les longueurs moyennes correspondantes des cohortes du stock de la sardinelle du golfe de Annaba présentent une nette concordance avec les résultats obtenus en Méditerranée. En effet, les résultats de cette étude sont très proches de ceux trouvés par Hamida (2003) et Bouaziz (2007) le long de la côte algérienne et des travaux de Kartas (1981) en Tunisie, de Ben Tuvia (1956) en Israël et de Lee (1961) en France. La différence dans les groupes d'âge est du aux différences de temps et de volume des échantillonnages effectuées ainsi qu'aux méthodes de détermination utilisées. Cette même analyse révèle la nette supériorité en tailles moyennes aux différents âges des sardinelles de l'Atlantique par rapport à celles de la Méditerranée.

S.aurita à l'instar des autres Clupéidés est caractérisée par une courte longévité, avec une longévité maximale signalée par l'ensemble des études réalisées dans différentes régions du monde de 8 années (Beverton, 1964 ; Froese et Pauly, 2007). Cette caractéristique est typique des petits pélagiques des eaux chaudes et tempérés et des Clupéidés qui dépensent énormément d'énergie durant leurs vies et de leur position convoitée au niveau de la chaîne alimentaire marine.

L'analyse des distributions des fréquences de tailles issues de l'échantillonnage des captures de *S.aurita* du golfe de Annaba en fonction des saisons (Fig. 12) montre que :

- les poissons les plus jeunes sont les plus représentés en hiver avec deux regroupements autour des deux modes 11.5 et 13.5 cm ;
- au printemps un décalage de la prédominance des concentrations vers des gammes de tailles plus grandes, représentées par l'intervalle de 17.5 à 20.5 cm. C'est durant cette saison que les poissons de grandes tailles de 21.5 à 26.5 cm sont les mieux représentés par rapport aux autres saisons ;
- durant la saison estivale un pic de concentration est apparent autour du mode 18.5 cm ; et
- en automne un retour vers la prédominance de la gamme des jeunes poissons avec un mode maximal correspondant à la classe de taille de 13 cm.

Ces observations confirment les connaissances déjà existantes sur la biologie de *S.aurita* dont la ponte est estivale. Cet aspect de la biologie de cette espèce explique la présence de jeunes individus ou juvéniles issus de la ponte précédente durant les saisons postnatales (automne et hiver) ainsi que la dominance des effectifs des grands individus en printemps et été qui se regroupent pour des raisons trophiques et/ou sexuelles.

Il est intéressant de signaler que ces observations se rapprochent de celles trouvées par Bouaziz (2007) pour la même espèce dans la région centre de la côte algérienne et qui explique ses observations par l'inhibition de la croissance de cette espèce pendant la saison hivernale et l'absence de grandes sardinelles de tailles dans les prises d'automne par leur migration vers le large une fois qu'elles ont pondu, en été, près de la côte.

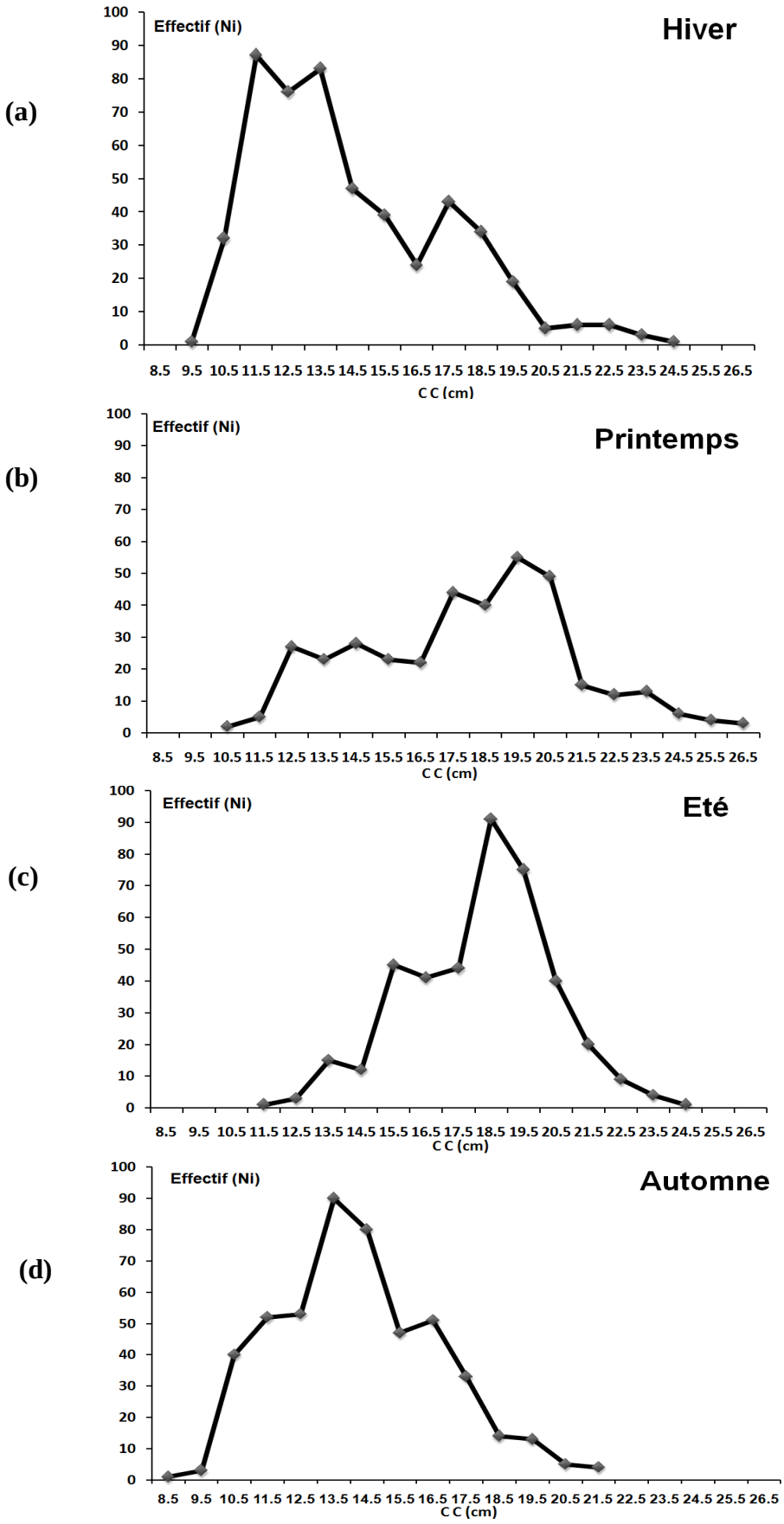


Figure 12. Distribution saisonnière des polygones de fréquences de tailles.

Si cette différence de représentativité des individus de *S.aurita* du golfe de Annaba dans l'échantillonnage s'explique par des phénomènes biologiques et physiologiques liés à l'espèce, ainsi qu'aux différentes influences des paramètres biotiques et abiotiques du milieu, elle est aussi due aux différents modes d'exploitation utilisés.

En effet, durant les saisons où les mauvaises conditions environnementales sévissent (Hiver et automne) les pêcheurs concentrent leur exploitation sur la zone côtière en proximité du littoral, ce qui explique en partie le nombre élevé des petits individus dans l'échantillonnage durant cette saison.

2.2.2. Croissances

2.2.2.1. Croissance linéaire

Les paramètres de croissance calculés à partir de la clé âge/longueur du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba exploité durant l'année 2006 sont donnés dans le (Tabl. 9) et représentés par la courbe de croissance de von Bertalanffy (Fig. 13).

Tableau 9. Paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) obtenus par le programme FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005).

Sexe	Paramètre		
	L_∞ (cm)	K (an^{-1})	t_0 (an)
Sexes confondus	27.41	0.41	0

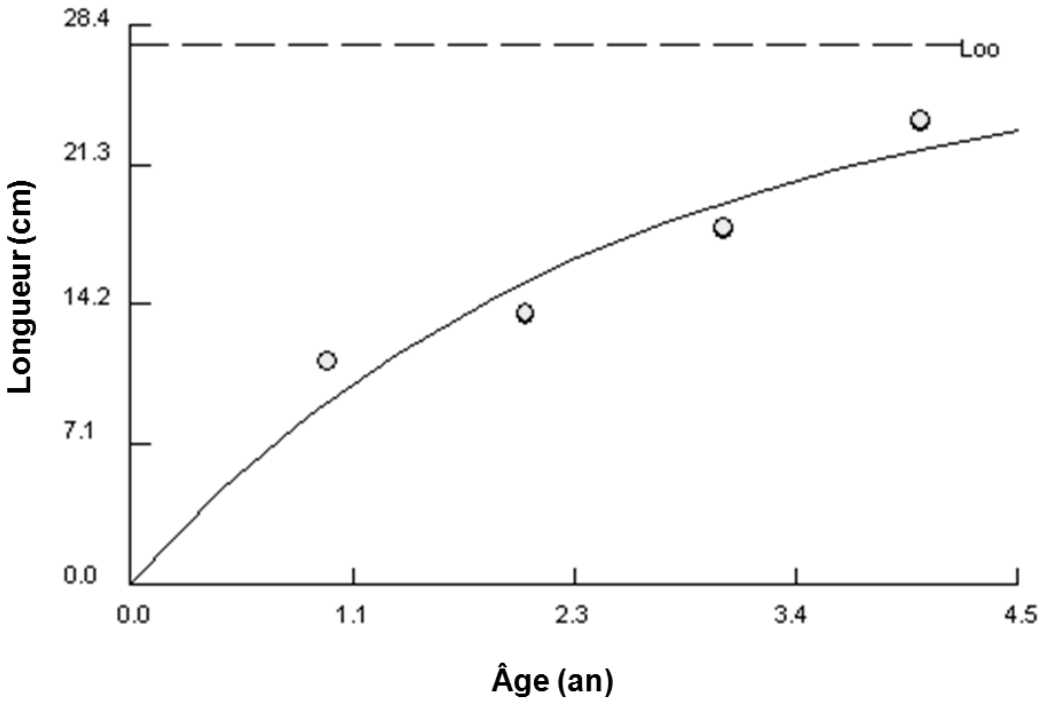


Figure 13. Courbe de croissance linéaire de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

Ces résultats conduisent l'équation de croissance de von Bertalanffy (1938) pour la population de *S.aurita* du golfe de Annaba (sexes confondus) et qui s'écrit :

$$L_t = 27.41\ (1 - e^{-(0.41t)})$$

Tableau 10. Paramètres de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) de *Sardinella aurita* selon différents auteurs.

Région	**Auteur**	**Zone d'étude**	**Paramètres de croissance linéaire**	
			L_∞ (cm)	**K (an^{-1})**
Atlantique	Mendoza *et al*. (1994)	Venezuela	26.6	1.26
	Boely *et al*. (1982)	Sénégal	30.63	1.206
Méditerranée	Navarro (1927)	Espagne (iles Baléares)	30.3	0.370
	Navarro (1932)	Espagne (iles Baléares)	29.4	0.387
	Oliver et Navarro (1952)	Espagne (iles Baléares)	27.4	0.440
	Bébars (1981)	Egypte (baie de Saloum)	33.11	0.195
	Kartas (1981)	Tunisie	28.99	0.362
Algérie	Bouaziz (2007)	Algérie (région centre de la côte algérienne)	29.82	0.410
	Présente Etude	**Algérie (golfe de Annaba)**	**27.41**	**0.410**

Les valeurs de L_∞ indicatrices de la croissance linéaire de (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) trouvées par différents auteurs dans différentes régions de la Méditerranée (Tabl. 10), oscillent entre 22.5 et 33.79 cm. Les différences sont dues principalement à la divergence des méthodes d'échantillonnages, des méthodes de calcul et aux clés âge-longueurs utilisées.

Il est important de signaler que les valeurs de la longueur asymptotique (L_∞) et du coefficient de vitesse de croissance (K) du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba, trouvées par la présente étude, concordent et se rapprochent des résultats trouvés en différentes régions de la Méditerranée, notamment dans sa partie occidentale ; par Navarro (1932), Oliver et Navarro (1952), Kartas (1981) et Bouaziz (2007).

Divers travaux ont montré que les variations de L_∞, observées chez des groupes d'individus de la même espèce, pouvaient être attribuées, soit à des facteurs héréditaires, soit à des conditions de vie dans le milieu (température en particulier), soit encore au taux d'exploitation (Fréon, 1984).

La croissance de la *S.aurita* du golfe de Annaba est rapide puisque la taille asymptotique est atteinte après 4 ans. Le coefficient de condition K est le même trouvé par Bouaziz (2007) dans la région centre du littoral algérien et se rapproche de celui trouvé par Oliver et Navarro (1952) en Espagne. Ceci pourrait s'expliquer par le rapprochement de la méthodologie suivie dans les calculs.

2.2.2.2. Croissance relative

La relation liant les 153 couples de valeurs longueur totale-poids éviscéré (L_t-W_{ev}) pour *S.aurita* (sexes confondus) du golfe de Annaba, est représentée par une courbe de type puissance (Fig. 14) qui peut être utilisée pour estimer le poids en fonction d'une longueur donnée. Cette relation définie les paramètres de la relation d'allométrie selon les paramètres a et b calculés par le Fishparm (Prager *et al*., 1989) (Tabl. 11).

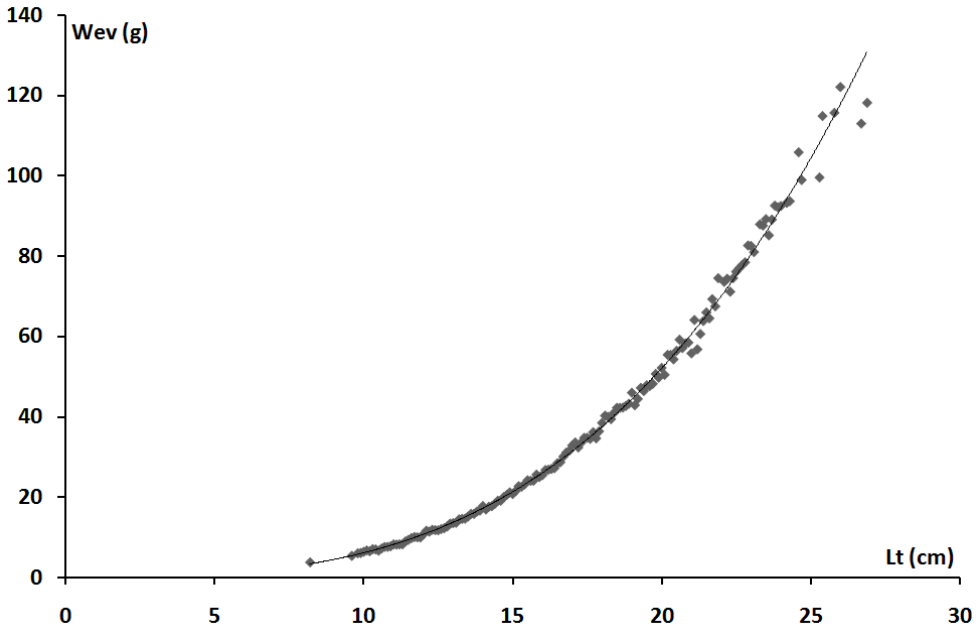


Figure 14. Evolution du poids éviscéré (W_{ev}) en fonction de la taille (L_t) de *S.aurita* du golfe de Annaba.

La relation entre le poids du poisson éviscéré (W_{ev}) et sa longueur totale (L_T) fournit les résultats résumés dans le Tableau 4.

Tableau 11. Relation d'allométrie entre le poids éviscéré et la longueur totale de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba.

Sexe	N	a	b	Relation	R^2	R	$t_{cal.}$, $\alpha = 5\%$
Sexes confondus	153	0.005716	3.038	$W_t = 0.005716\ L_t^{3.038}$	0.997	0.968	0.08

L'équation de la relation taille-poids ou équation de la croissance relative de *S.aurita* (sexes confondus) du golfe de Annaba est la suivante :

$$W_t = 0.005716\ L_t^{3.038}$$

Le test de t basé sur la comparaison de deux pentes, donne une valeur inférieure à 1.96 pour un risque α = 5 %. Ce résultat permet de conclure que la fraction du stock de *Sardinella aurita*, capturée dans le golfe de Annaba, se caractérise par une allométrie isométrique, ce qui nous permet d'affirmer que le poids éviscéré croit proportionnellement au cube de la longueur totale.

Les relations longueur-poids sont importantes en halieutique, particulièrement pour inférer les distributions de fréquences dans les captures totales à partir d'échantillons, ou pour estimer la biomasse à partir d'évaluations des longueurs (Pauly et Gayanilo, 1996).

Tableau 12. Valeur de la relation taille poids de *S.aurita* dans différentes régions.

Auteur	**Zone d'étude**	**Paramètres de croissance relative**	
		b	**a**
Gheno (1968)	République du Congo	3.28	0.0043
Camarena Luhrs (1986)	Sénégal	3.29	0.0061
Bebars (1981)	Egypte (baie de Saloum)	2.899	0.012
Koutrakis et Tsikliras (2003)	Grèce	2.95	0.0087
Sinovcic *et al.* (2003)	Mer Adriatique (Est)	3.1162	0.0043
Kartas (1981)	Tunisie	3.01	0.0072
Merella *et al.* (1997)	Espagne (iles Baléares)	2.99	0.0068
Bouaziz (2007)	Algérie (région centre de la côte algérienne)	3.28	0.00321
Présente Etude	**Algérie (golfe de Annaba)**	**3.038**	**0.005716**

Kartas (1981), Merella *et al.* (1997) constatent que le poids croit proportionnellement au cube de la longueur et ce respectivement pour *Sardinella aurita* de Tunis et des îles Baléares. L'allométrie est de type majorante pour l'allache de la région centre de la côte algérienne (Bouaziz, 2007) et de l'Adriatique Est (Sinovcic *et al*., 2003). Ce fait est déjà signalé par Gheno (1968) en République du Congo et Camarena Luhrs (1986) au Sénégal (Tabl. 12).

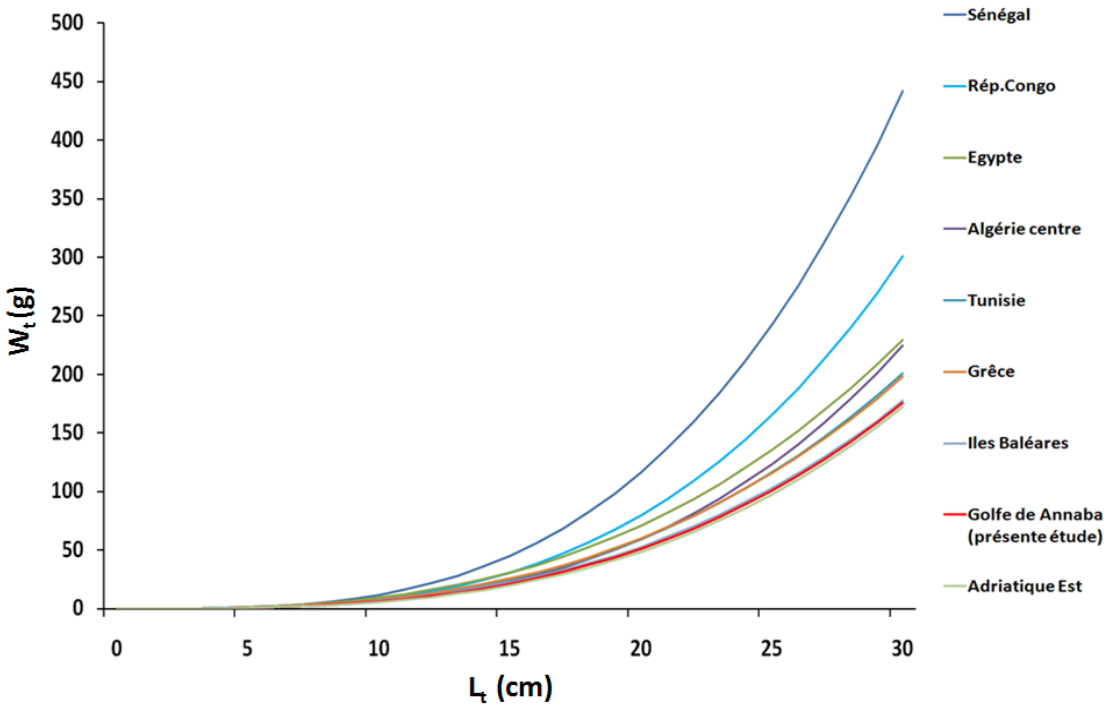


Figure 15. Courbes d'allométrie de *S.aurita* dans différentes régions du monde.

La comparaison des courbes d'allométrie de *S.aurita* trouvées dans différentes régions du monde (Fig. 15), montre nettement le rapprochement dans la croissance relative des sardinelles rondes de Méditerranée qui reste inférieure à celle de l'océan Atlantique.

2.2.2.3. Croissance pondérale

Partant des paramètres de l'équation de von Bertalanffy (1938) et des paramètres de la relation taille-poids, la relation de la croissance pondérale du stock de *S.aurita* (sexes confondus) du golfe de Annaba s'écrira :

$$W_t = 133.493\ (1 - e^{-0.41t})^{3.038}$$

Avec :

W_t : poids à l'âge t (g)
t : âge (an)
$W\infty$: poids asymptotique = 133.493 g ;
b : coefficient d'allométrie = 3.038 ; et
k : coefficient de vitesse de croissance = 0.41 an^{-1}.

Gascuel (2008) note que, c'est la croissance pondérale des individus qui contribue également à accroître la biomasse du stock.

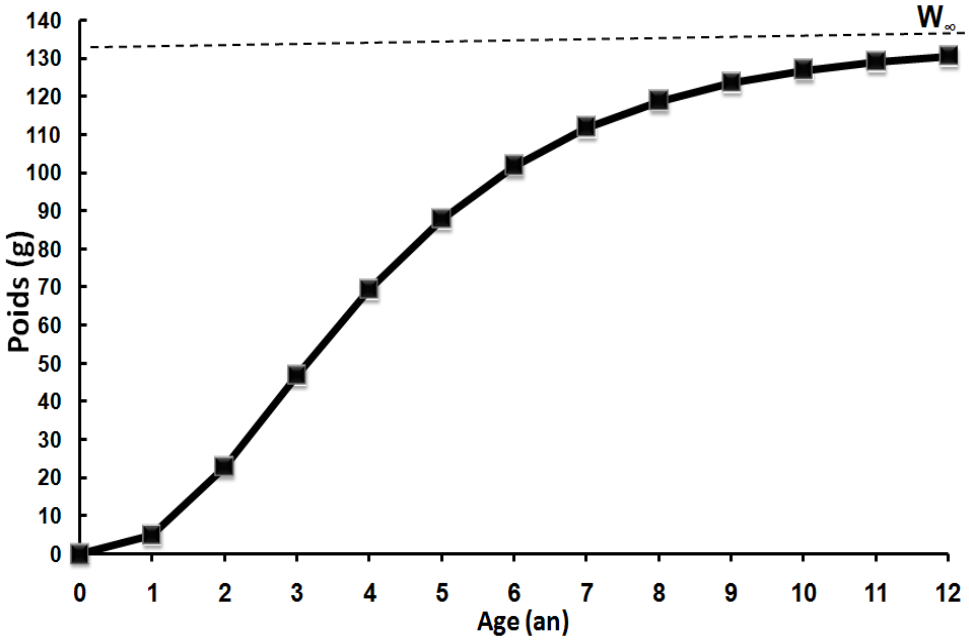


Figure 16. Courbe théorique de la croissance pondérale de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba.

La courbe théorique du poids en fonction de l'âge se présente sous forme d'une sigmoïde asymétrique avec une inflexion (Fig. 16). Cette courbe se rapproche d'une asymptote supérieure représentant le poids éviscéré asymptotique (133,493 g) et dont le rapprochement correspond à un âge trois fois supérieur à l'âge maximal (4 ans) trouvé par la clé âge-longueur pour *S.aurita* du golfe de Annaba.

Tableau 13. Poids asymptotiques W_∞ de *Sardinella aurita* d'après la littérature

Auteur	**Zone d'étude**	**W_∞ (g)**
Bébars (1981)	Egypte (baie de Saloum)	311.35
Kartas (1981)	Tunisie	198.18
Bouaziz (2007)	Algérie (région centre de la côte algérienne)	220.24
Présente étude	**Algérie (golfe de Annaba)**	**133.49**

Le poids asymptotique du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba est inférieur à celui trouvé dans différents régions de la Méditerranée (Tabl. 13). Ceci peut être expliqué par plusieurs raisons. Soit que l'exploitation de la Sardinelle dans le golfe de Annaba cible les individus à poids corporel bas, soit que les conditions locales du milieu permettent une croissance plus rapide des sardinelles dans le golfe de Annaba par rapport aux autres régions de la Méditerranée.

Pour cela, la connaissance des tailles ou poids asymptotiques est importante pour fixer une image préliminaire de l'état moyen des poissons composant le stock. Le suivi annuel de ces indicateurs peut être très utile et peut être considéré comme un signe de l'état de santé

du stock. En effet, les différentes études halieutiques s'accordent à affirmer que la diminution de la taille moyenne des individus pêchés est l'un des signes avant coureur d'une probable surexploitation des stocks.

En effet, La diminution de taille des poissons dans les captures est un des symptômes clairs de la surexploitation généralisée des stocks de poissons, et surtout des individus les plus grands. Les scientifiques commencent à mesurer ces dernières années l'ampleur de ce phénomène. Chez la plupart des animaux aquatiques, la croissance linéaire (en taille) est un phénomène continu, en ce sens qu'elle concerne l'ensemble de la vie de l'animal. La croissance est très généralement forte chez les stades jeunes puis se ralentit ensuite, mais reste significative y compris chez les animaux matures. Sauf exceptions, la croissance pondérale perdure donc sur toute la durée de la phase exploitée (Gascuel, 2008).

3. REPRODUCTION

L'étude de la reproduction des poissons est une approche indispensable pour la connaissance et la description des caractéristiques biologiques et dynamiques du stock. Pour cela différentes études ont abordé les différents aspects de la reproduction des poissons, que se soient, le sex-ratio, la taille de première maturité, la fécondité et la saison et la durée de la reproduction. Ces caractéristiques sont pratiques pour l'aménagement des pêcheries (Jennings *et al.*, 2001), en particulier pour les pêcheries pélagiques monospécifiques.

(Sardinella aurita Valenciennes, 1847) est un poisson gonochorique (à sexe séparé) considéré comme reproducteur totale (isochrone) du fait qu'il effectue une seule ponte par cycle annuel.

La détermination du rapport des sexes (sex-ratio) et de la suite des changements du stade de maturité au cours de l'année est d'une très grande importance pour édifier une connaissance précise de la biologie générale d'un stock exploité. C'est une partie de la base de l'évaluation des stocks (Bouaziz, 2007).

Lors de cette étude, la connaissance de l'ogive de maturité sexuelle représentative de la population de *S.aurita* du golfe de Annaba est essentielle en vue de l'élaboration des analyses des méthodes d'évaluation analytique. Cette connaissance est l'une des données input de l'analyse de population virtuelle (VPA) et est exigée pour le traitement informatique par le Vit (Lleonart et Salat, 1997).

La détermination de l'ogive de maturité sexuelle permet la connaissance de la taille de première maturité sexuelle du stock étudié. Cette donnée est d'une grande importance puisque elle est prise en considération dans la fixation des tailles règlementaires de capture, appelées également « tailles marchandes minimales ».

La connaissance de la biomasse du stock et en particulier la biomasse des reproducteurs, appelée aussi, Biomasse Féconde (BF), Stock Parental de Reproduction (SPR) ou Biomass Spawning Stock (BSS), s'appuie aussi sur la détermination de l'ogive de maturité sexuelle.

Un grand nombre d'études ont traité de la physiologie de la reproduction de *S.aurita* le long de la côte Ouest africaine en Atlantique et en Méditerranée. Pour la sardinelle ronde des eaux algériennes, Bounhiol (1921), Dieuzeide et Roland (1957) Bensahla Talet *et al.*, (1988), Hamida (2003) et Bouaziz (2007) définissent dans leurs travaux les principales caractéristiques de la reproduction de cette espèce.

3.1. MATERIEL ET METHODES

L'ensemble des 1764 individus composant l'échantillonnage ont été disséqués pour la détermination de leurs sexes et du stade de leur maturité sexuelle. Pour l'étude de la reproduction, seuls les individus à sexe déterminé, soit 1584 individus (Tabl. 15), ont été retenus.

Les individus mâles sexuellement identifiables de *S.aurita* présentent des testicules de forme plus aplatie que les ovaires, blanchâtres et ont une forme générale en lame de couteau. Les ovaires sont reconnaissables à leur forme plus arrondie ressemblant à un sac rougeâtre et d'un aspect plus ou moins bombé (Fig. 17).

L'aspect des gonades des sardinelles évolue au cours de l'année suivant l'état d'avancement de la gamétogenèse. A l'approche de la période de ponte ; qui se déroule durant l'été sur les côtes algériennes, la différenciation morphologique des gonades devient de plus en plus apparente (Bouaziz, 2007). Lorsque les individus examinés sont proches de la ponte, une légère pression sur l'abdomen suffit à faire sortir les produits sexuels et permet ainsi de reconnaître le sexe (Boely, 1979). Avant ce stade les gonades des deux sexes sont pratiquement identiques en apparence. C'est ce qui explique la difficulté de déterminer le sexe des petits individus.

En ce qui concerne le sex-ratio et la distribution des sexes, le rapport mâle-femelle dans les captures est une donnée utile, soit pour mieux connaitre la structure démographique d'une population, soit pour estimer la fécondité des stocks (Camarina Luhrs, 1986). Le sex-ratio est exprimé sous différentes formes:

- taux de masculinité ;
- taux de féminité ;
- rapport du nombre de mâles au nombre de femelles ; et
- nombre de mâles pour cent femelles.

Pour ce qui est de la distribution des sexes par taille et par saison, et après élimination de l'inventaire de tous les poissons à sexes indéterminés, les taux de masculinité (T_M) et de féminité (T_F), définis ci-après, ont été adoptés.

$$T_M = \frac{N_M}{N_T} \times 100 \; ; \; T_F = \frac{N_F}{N_T} \times 100 \quad \text{(Bouaziz, 2007)}$$

Où
N_M : nombre de mâles ;
N_F : nombre de femelles ; et
N_T : $N_M + N_F$.

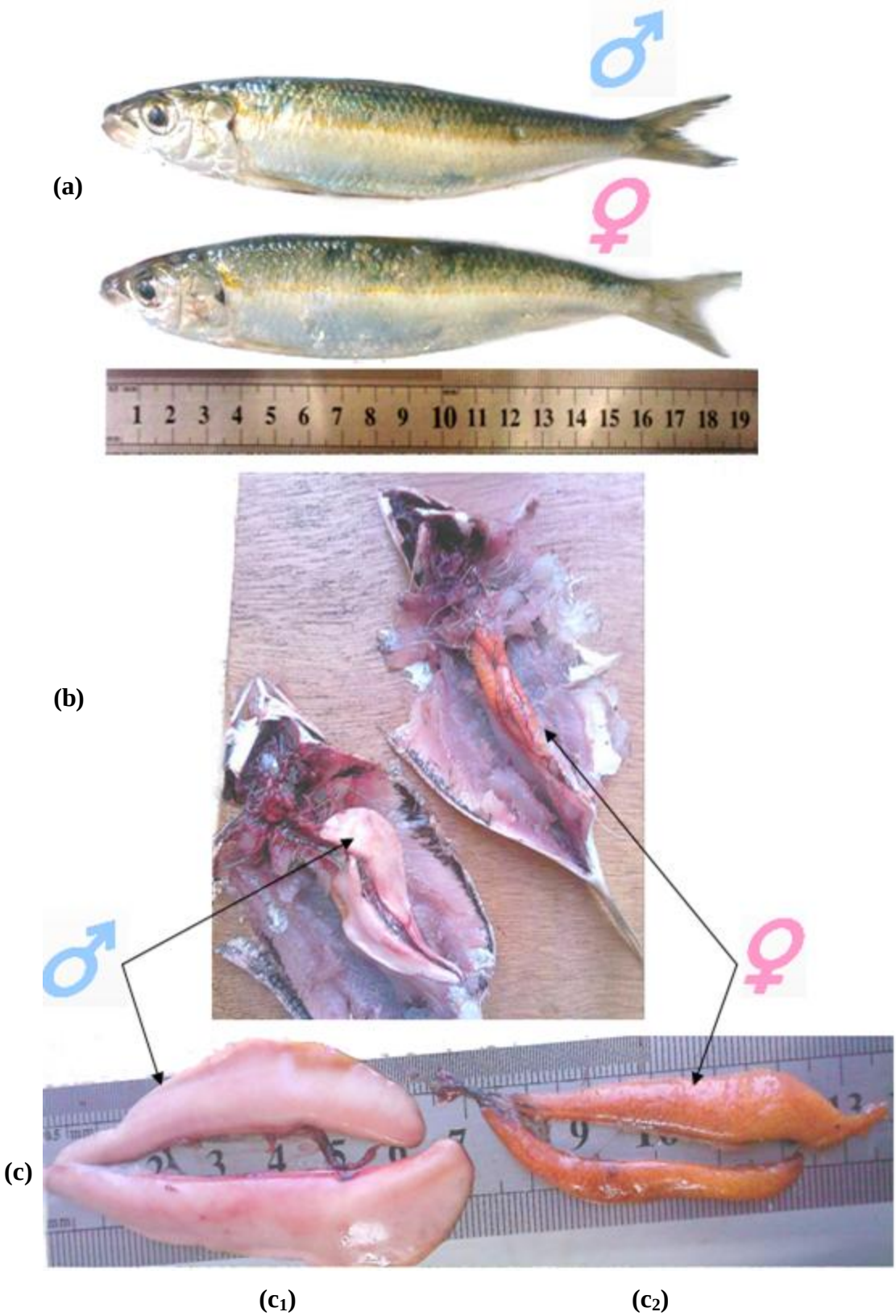


Figure 17. Différenciation sexuelle chez *S.aurita* du golfe de Annaba
*[**(a)**: aspect externe; **(b)**:aspect après dissection;*
*(**c**):aspects des gonades mâles (c_1) et femelles (c_2)].*

Pour la détermination de la taille de première maturité sexuelle à partir de l'observation des stades de maturité sexuelle pour l'ensemble du stock (sexes confondus) et par sexe (femelles, les mâles), seuls les individus dont la différenciation sexuelle a été possible ont été retenus.

A noter que, le terme « stade de maturité » est employé pour désigner le degré de maturité des gonades d'un poisson et non que le poisson est sexuellement mûr ou non. Ainsi, le terme « première maturité » est employé pour décrire un poisson qui se reproduit pour la première fois (Bouaziz, 2007).

Sur l'ensemble des observations effectuées pour la détermination de la taille de première maturité sexuelle (L_m) du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba, 885 concernent les femelles et 598 les mâles.

Les différenciations macroscopiques de la gonade de chaque individu observé, concernent, la forme, la couleur, le degré de vascularisation superficielle, le volume par rapport à la cavité abdominale, ... etc. Tous ces critères ont permis d'établir des échelles de maturité, qui définissent les différents stades sexuels.

Pour la détermination de l'échelle de maturité sexuelle de la sardinelle ronde du golfe de Annaba, l'utilisation de l'échelle de détermination de Bouaziz (2007) pour la sardinelle de la région centre de la côte algérienne (Tabl. 14) a été retenue.

Le choix de cette échelle a été dicté par le fait qu'elle représente le mieux l'ovogenèse de *S. aurita* des côtes algériennes. En effet, l'ovogenèse de *S.aurita* des côtes algériennes présente un seul groupe d'ovocytes qui évolue jusqu'à la ponte. Cependant, chez les sardinelles rondes de la côte Ouest du continent africain, plusieurs groupes d'ovocytes bien distincts sont mis en évidence, ce qui permet de supposer que la ponte de ces poissons est fractionnée durant une même saison, c'est-à-dire les ovaires présentent simultanément des caractères de post-ponte, de pré-vitellogenèse et de vitellogenèse (Bouaziz, 2007).

Tableau 14. Echelle macroscopique de maturité sexuelle chez les deux sexes de *S. aurita* (Bouaziz, 2007).

Stades de maturité	Observations
	Chez les Femelles (♀)
Stade I (Immature)	Ovaires transparents, petits, filamenteux à membrane très fine. Ovocytes invisibles à l'œil nu.
Stade II (Début de maturation)	Ovaires opaques, vascularisés, de couleur jaune-orange. Ovocytes visibles par transparence mais distants les uns des autres, orangés.
Stade III (Pré-ponte)	Ovaires opaques, richement vascularisés, de couleur orange. Ovocytes bien visibles, orangés.
Stade IV (Ponte)	Ovaires très volumineux, présence de nombreux vaisseaux rougeâtres et dilatés. Ovocytes bien visibles, écoulement spontané, irrégulièrement disposés, transparents.
Stade V (Post-ponte ou repos sexuel)	Ovaires flasques, très vascularisés, aspect de sac vide. Ovocytes non visibles.
	Chez les Mâles (♂)
Stade I (Immature)	Testicules transparents, très petits, en lame de couteau, noyés dans le tissu adipeux, difficile à repérer.
Stade II (Maturation)	Testicules occupent la moitié de la cavité abdominale.
Stade III (Émission)	Testicules occupent la quasi-totalité de la cavité abdominale, émission de sperme par simple pression sur la cavité abdominale.
Stade IV (Post-émission)	Testicules aspect de sac vide, sperme épuisé.

3.2. RESULTATS ET DISCUSSION

Tsikliras et Antonopoulou (2006) notent que, la reproduction de la sardinelle ronde a été longuement étudiée sur les deux rives de l'Atlantique par plusieurs auteurs dont : Fontana (1969), Pham-Thuoc et Szypula (1973), Cury et Fontana (1988), Roy *et al,*. (1989), Bakun et Parrish (1990), Fréon *et al,*. (1997) et Quaatey and Maravelias (1999).

Cependant, les données sur cet aspect de la biologie de la sardinelle de Méditerranée sont plus limitées. Des études de la reproduction de *S.aurita* ont été réalisées par Bounhiol (1921), Dieuzeide et Roland (1957), Bensahla Talet *et al*., (1988), Bouaziz *et al.*, (2001)) et Bouaziz (2007) en Algérie, Gaamour *et al*., (2001) en Tunisie, Wassef *et al*., (2001) en Egypte, Ananiades (1952) et Tsikliras et Antonopoulou (2006) en Grèce.

Après dissection et observation macroscopique des gonades il s'avère que la population échantillonnée de *S.aurita* du golfe de Annaba est composé de 956 femelles, 628 mâles et 180 indéterminés (Tabl 2, annexes). Les individus dont le sexe n'a pas pu être déterminé se rencontre au sein des classes de tailles les plus petites représentant les juvéniles.

Les résultats obtenus lors de la présente étude seront présentés et comparés à ceux trouvés dans différentes régions du monde.

3.2.1. Sex-ratio et distribution des sexes

Sur les 1584 individus sexuellement déterminés, 956 sont femelles et 628 sont mâles, soit des proportions de l'ordre de 60.35% pour les femelles (F) et 39.65% pour les mâles (M) (Tabl. 15).

Le sexe ratio global du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba est de 1.52, nettement en faveur des femelles. Ce résultat nous rassure sur le potentiel reproductif du stock. Pour Williams (1966), le sex-ratio joue un rôle crucial dans le déterminisme de la taille de la population des espèces sexuées. En effet, la limitation de la taille de la population dépend de la quantité d'œufs et non pas de la quantité de sperme.

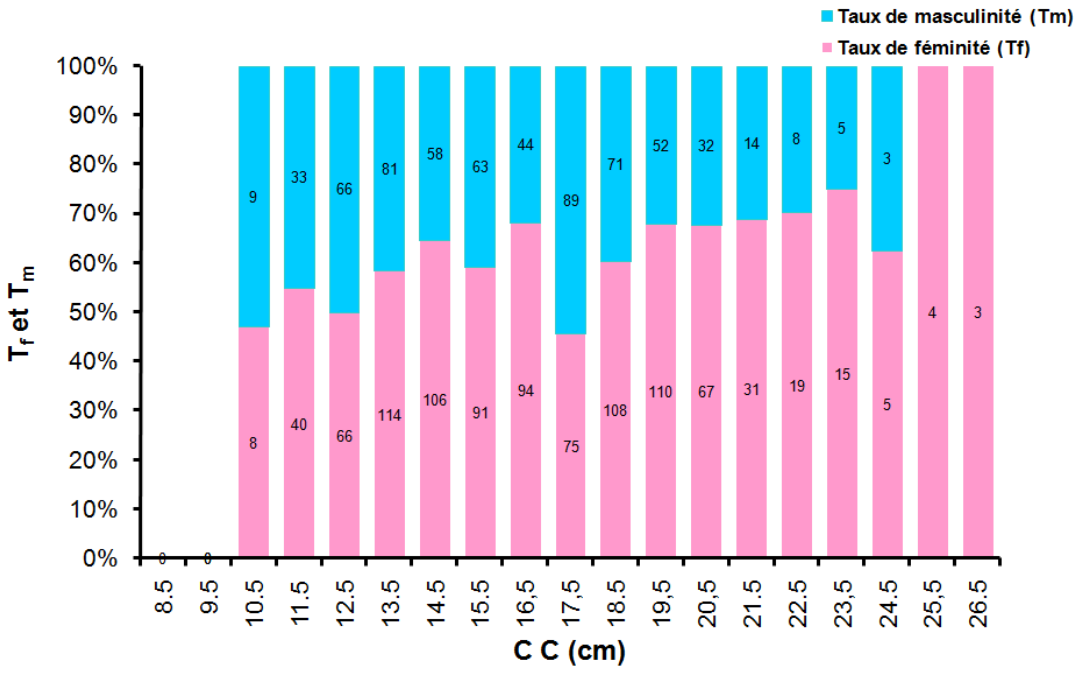
Le test de comparaison de deux pourcentages basé sur le calcul de l'écart réduit, montre que le nombre des femelles diffère significativement du nombre des mâles ($|\xi|_{cal.} = 63.071$, $\alpha = 5\%$) composant le stock exploitable de *S. aurita* du golfe de Annaba.

La distribution des deux sexes par classes de taille montre que le nombre des femelles est nettement supérieur aux mâles sur presque l'ensemble des classes de tailles hormis les deux classes de taille 10.5 et 17.5 cm. La proportion des individus mâles parait être plus importante sur la gamme des petites tailles (Fig. 18).

Il est admis qu'à la naissance le sex-ratio est égale à 1 puis varie selon le sexe, l'âge, les saisons, et les aires de ponte ou de nutrition. Souvent chez les migrateurs, on remarque d'abord des jeunes mâles, puis un équilibre et enfin plus de femelles. Ces différences sont expliquées par la maturité précoce des mâles caractérisés par une croissance plus rapide et leur mortalité qui est plus élevée (Pecquerie, 2007).

Tableau 15. Distribution des fréquences de tailles par sexe et sex-ratios.

CC (cm)	Ni	F	M	T_f	T_m
10.5	17	8	9	47.06	52.94
11.5	73	40	33	54.79	45.21
12.5	132	66	66	50	50
13.5	195	114	81	58.46	41.54
14.5	164	106	58	64.63	35.37
15.5	154	91	63	59.09	40.91
16,5	138	94	44	68.12	31.88
17,5	164	75	89	45.73	54.27
18.5	179	108	71	60.34	39.66
19,5	162	110	52	67.9	32.1
20,5	99	67	32	67.67	32.33
21.5	45	31	14	68.89	31.11
22.5	27	19	8	70.37	29.63
23,5	20	15	5	75	25
24.5	8	5	3	62.5	37.5
25,5	4	4	0	100	0
26.5	3	3	0	100	0
Total	**1584**	**956**	**628**	**60.354**	**39.646**



Figue 18. Evolution des taux de féminité (T_f) et de masculinité (T_m) de l'échantillon de *S.aurita* du golfe de Annaba.

3.2.2. Distribution des sexes en fonction de la saison

Au cours de la même année les caractères sexuels de la sardinelle évoluent et connaissent une multitude de variations induite par des stimulations environnementales. L'analyse de la distribution saisonnière par sexe des sardinelles nous permet de connaitre le comportement du stock face aux différentes variations saisonnières (Tabl. 16 et Fig. 19).

Tableau 16. Variation de T_F et de T_M en fonction de la saison chez *S. aurita.*

	Femelles		Mâles		
Saison	**Effectif**	**T_F**	**Effectif**	**T_M**	**$\lvert\xi\rvert_{cal}$ ($\alpha = 5\%$)**
Hiver	260	63.26	151	36.74	25.198
Printemps	220	63.40	147	36.60	4.821
Eté	229	57.11	172	42.89	17.774
Automne	247	58.12	178	41.88	15.177

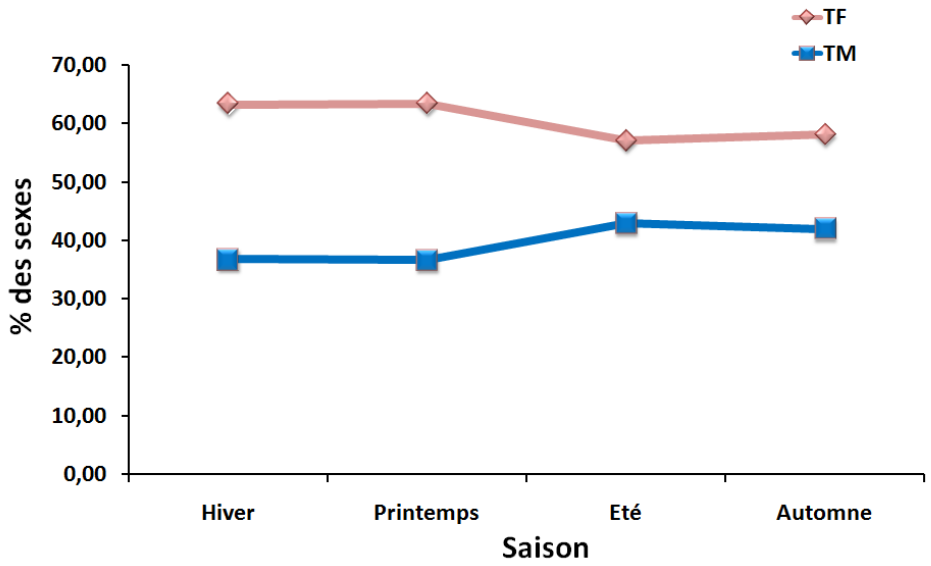


Figure 19. Variation de T_F et T_M en fonction des saisons chez *S.aurita* du golfe de Annaba.

En fonction de la saison, la proportion numérique des femelles est supérieure à celle des mâles sur l'ensemble de l'année. L'écart réduit calculé qui demeure supérieur à 1.96 pour $\alpha = 5\%$, et ce, en toute saison confirme la différence significative entre le nombre des femelles et des mâles.

Le nombre maximal des mâles est observé durant la saison estivale avec un taux de 42.89%. C'est durant cette saison que le nombre des mâles se rapproche le plus du nombre des femelles. L'augmentation du nombre de mâles durant la saison estivale peut être expliquée par le fait que ces dernières se rapprochent de la zone côtière pour frayer ; où ils sont plus accessibles à la capture. Holden et Raitt (1974) signalent, que beaucoup d'espèces de poissons sont d'une capture plus facile quand ils se rassemblent pour se reproduire.

(Pecquerie, 2007) note que, le sex-ratio est le reflet de mécanismes d'ajustement régies par la disponibilité en nourriture et donc de la densité. Dans le cas ou la nourriture est abondante et la population en diminution, on constate plus de femelles que des mâles (tactiques). Si la nourriture est moins abondante et/ou population élevée, on a souvent plus de mâles que de femelles.

Les résultats de cette étude concordent avec ceux trouvés par Boely et Champagnat (1970), et Gaamour *et al.* (2001) qui notent que les femelles dominent la population dans les eaux sénégalaise et tunisiennes respectivement. Des différences du sex-ratio spécifique aux tailles ont été reportées aussi dans les eaux libyennes (Pawson et Giama, 1985) et ont été reliés aux différences sexuelles, de la croissance, mortalité ou au coût énergétique de reproduction. Les femelles dominent généralement les plus grandes classes de tailles dans le Nord de la mer Egée, dans les eaux algériennes (Bensahla Talet *et al.*, 1988) et tunisiennes (Gaamour *et al.*, 2001). Tsikliras et Antonopoulou (2006) trouvent un équilibre général entre les sex-ratios en concordance avec les résultats trouvés au Venezuela (Fréon *et al*., 1997). Bouaziz (2007) trouve un sex-ratio globale de 1.026 légèrement en faveur des femelles, quoique le test statistique montre qu'il existe autant de mâles que de femelles dans le stock exploitable de *S. aurita* de la région centre de la côte algérienne.

3.2.3. Taille de première maturité sexuelle

Les observations macroscopiques des gonades de l'ensemble des individus des classes de tailles de 10 cm et plus ont abouti à l'élaboration de l'ogive de maturité sexuelle du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba pour les deux sexes à part et pour les deux sexes confondus.

Tableau 17. Taille de première maturité sexuelle (L_m) chez les ♀ de *S. aurita*.

C C (cm)	Nbre ♀ au stade I	Nbre ♀ aux stades II à V	Total	% ♀ Matures	Moyenne mobile
10.5	8		8	0	
11.5	42		42	0	
12.5	46	24	70	34.29	11.43
13.5	20	94	114	82.46	38.92
14.5	16	90	106	84.91	67.22
15.5	12	79	91	86.81	84.73
16.5	9	85	94	90.43	87.38
17.5		75	75	100	92.41
18.5		108	108	100	96.81
19.5		110	110	100	100.00
20.5		67	67	100	100.00

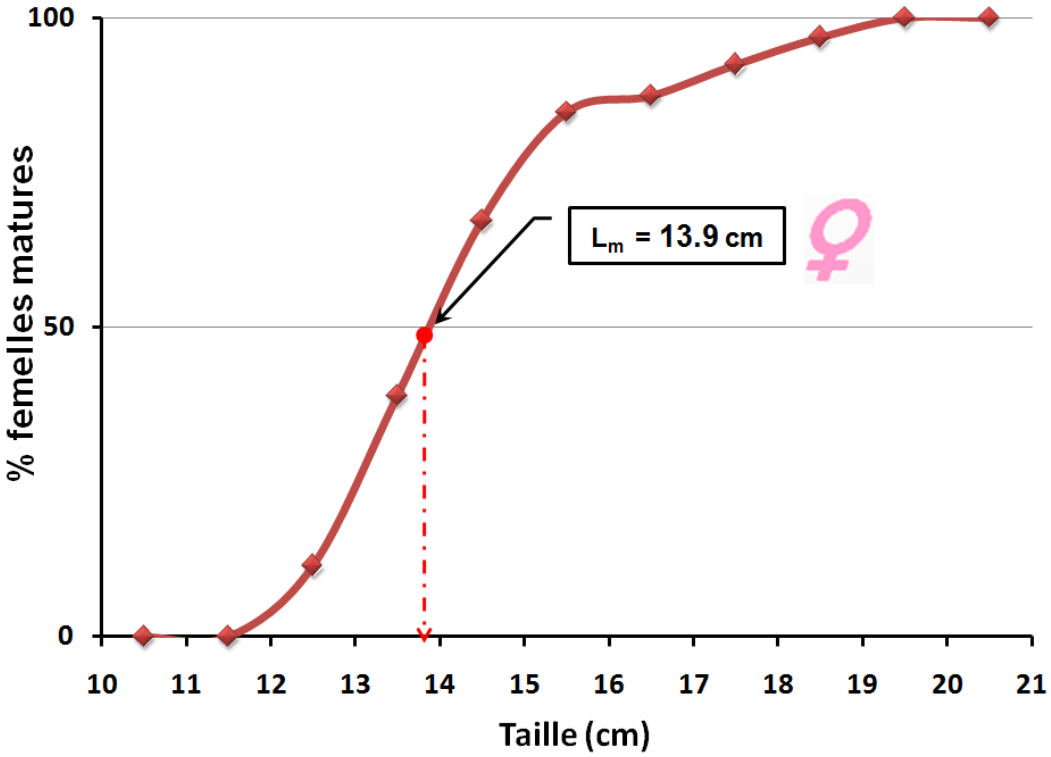


Figure 20. Taille de première maturité sexuelle (L_m) chez les ♀ de *S. aurita.*

La L_m des femelles matures est obtenue graphiquement de l'ogive de maturité sexuelle, et ce, suite à un lissage par la méthode statistique des moyennes mobiles (Tabl.17 et Fig. 20).

La taille de première maturité sexuelle (L_m) des femelles du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba est de l'ordre de 13.90 cm, correspondant à un âge de première maturité (t_m) de l'ordre de 1.73 ans. La taille totale du plus petit individu femelle mature est égale à 12 cm.

Tableau 18. Taille de première maturité sexuelle (L_m) chez les ♂ de *S. aurita.*

C C (cm)	Nbre ♂ au stade I	Nbre ♂ aux stades II à IV	Total	% ♂ Matures	Moyenne mobile
10.5	9		9	0	
11.5	32	1	33	3.03	
12.5	34	32	66	48.48	17.17
13.5	12	69	81	85.19	45.57
14.5	6	52	58	89.66	74.44
15.5	4	59	63	93.65	89.50
16.5	2	42	44	95.45	92.92
17.5		89	89	100	96.37
18.5		71	71	100	98.48
19.5		52	52	100	100
20.5		32	32	100	100

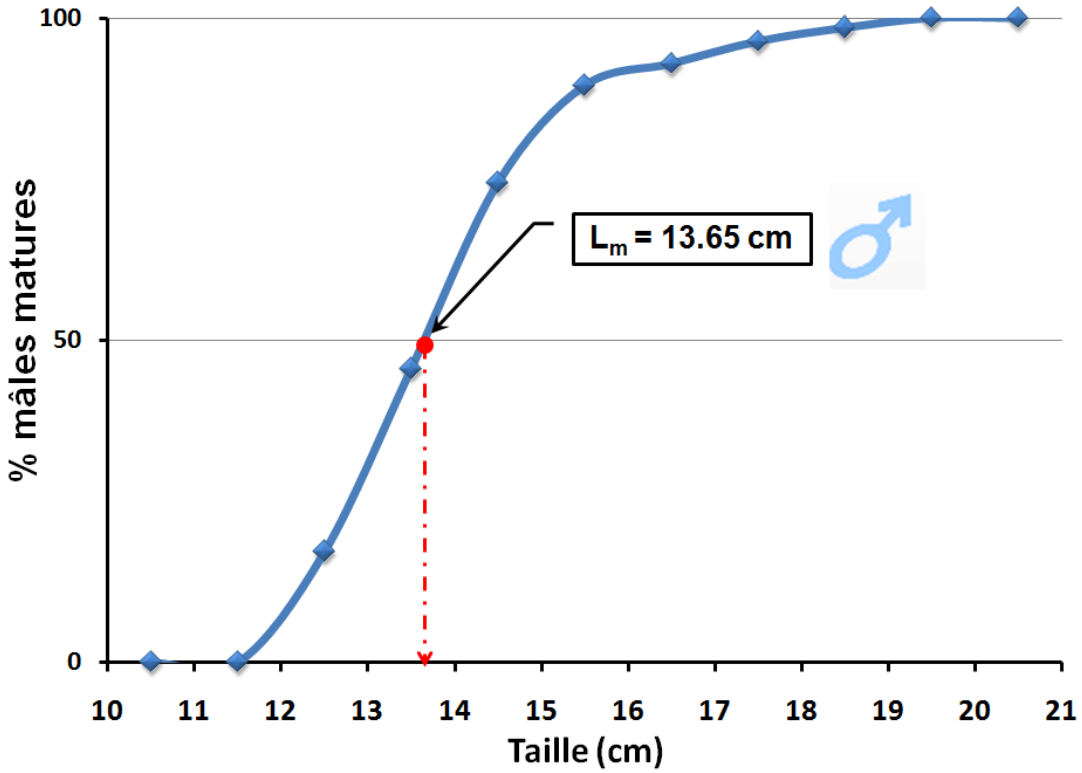


Figure 21. Taille de première maturité sexuelle (L_m) chez les ♂ de *S. aurita*.

La taille de première maturité sexuelle (L_m) des mâles du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba correspond à une longueur de 13.65 cm, soit un âge de première maturité (t_m) de l'ordre de 1.68 ans (Tabl. 18 et Fig. 21).

L'observation macroscopique du stade sexuel de l'ensemble des individus échantillonnés laisse apparaître que la taille du plus petit individu mâle mature est de l'ordre de 11.8 cm.

Tableau 19. Taille de première maturité sexuelle (L_m) chez *S. aurita* à sexes confondus.

C C (cm)	Nombre de sardinelles immatures	Nombre de sardinelles matures	Total	% de sardinelles matures	Moyenne mobile
10.5	17		17	0	
11.5	74	1	75	1.33	
12.5	80	56	136	41.18	20.36
13.5	32	163	195	83.59	42.03
14.5	22	142	164	86.59	70.45
15.5	16	138	154	89.61	86.60
16.5	11	127	138	92.03	89.41
17.5	0	164	164	100	93.88
18.5	0	179	179	100	97.34
19.5	0	162	162	100	100
20.5	0	99	99	100	100

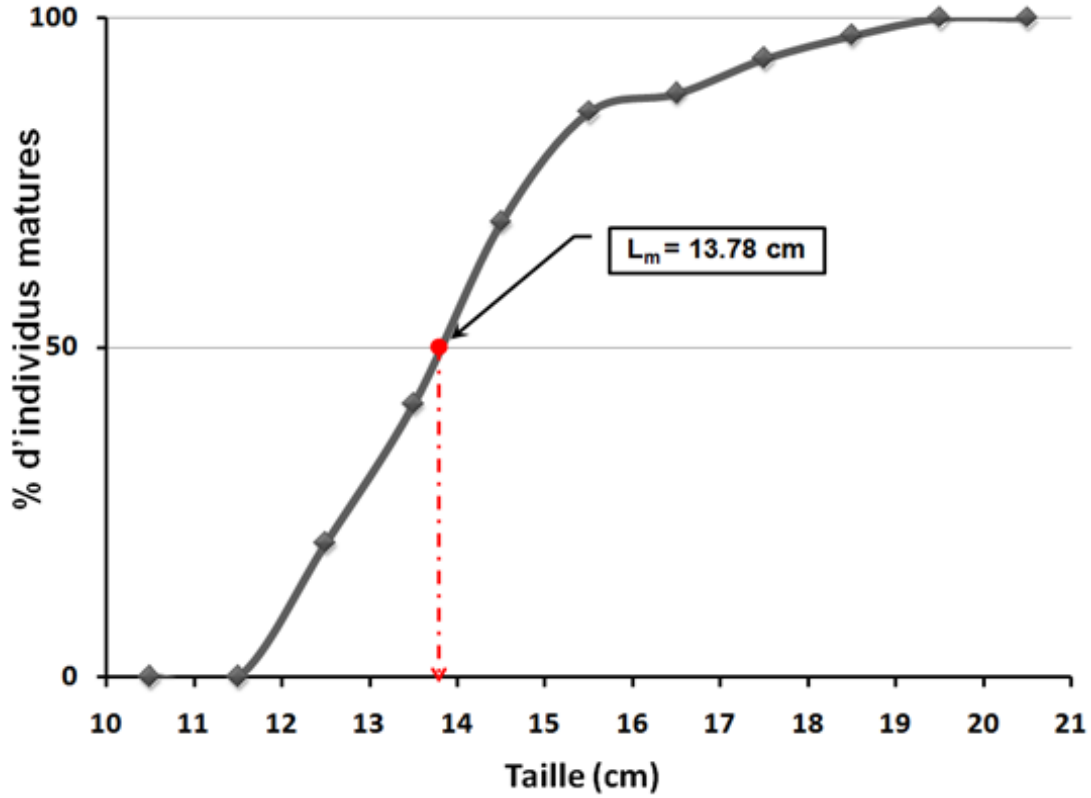


Figure 22. Taille de première maturité sexuelle (L_m) chez *S. aurita* à sexes confondus.

L'ogive de maturité sexuelle des sardinelles du golfe de Annaba (sexes confondus) donne une taille de première maturité sexuelle (L_m) de l'ordre de 13.78 cm (Tabl.19 et Fig. 22). Cette taille correspond selon l'équation de von Bertalanffy (1938) à un âge de première maturité (t_m) de l'ordre de 1.7 ans.

Cette même courbe montre que toutes les sardinelles du stock exploitable du golfe de Annaba, atteignent leur maturité sexuelle à une longueur de 19 cm.

L'ogive de maturité sexuelle du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba (sexes confondus) sera l'un des paramètres nécessaires à l'étude de l'évaluation de l'état du stock exploitable par une analyse analytique (VPA).

Les résultats de différents travaux réalisés pour déterminer la taille de première maturité sexuelle et ce pour des stocks de sardinelles d'Atlantique Nord-Ouest et de Méditerranée, montrent clairement une nette supériorité des longueurs de première maturité sexuelle des sardinelles des eaux atlantiques par comparaison à celles des eaux méditerranéennes.

Une comparaison des tailles de première maturité sexuelle obtenues en Méditerranée, confirme la convergence des résultats obtenus lors de cette étude avec ceux de Gaamour *et al*., (2001) en Tunisie, et ceux de Ben Tuvia (1956) en Israël. Cette même convergence se confirme avec les résultats obtenus le long du littoral algérien, par Bounhiol (1921) et les résultats de Bouaziz *et al* (1999) et Bouaziz (2007) (Tabl.20).

L'âge et la taille à la maturité sexuelle sont importants pour évaluer l'âge optimum de première capture d'une espèce, et le moment et le lieu de reproduction peuvent être utilisé pour planifier les stratégies de pêche (Holden et Raitt, 1974).

Tableau 20. Longueur totale (cm) à la première maturité sexuelle de *S.aurita* selon différents auteurs.

Région	Auteur	Zone d'étude	L_m femelles	L_m mâles	L_m sexes confondus
Atlantique	Boely *et al*. (1978)	Sénégal (stock Sénégalo – Mauritanien)	20	25	
Méditerranée	Furnestin (1952)	Méditerranée Occidentale	14	16	
	Ben Tuvia (1956)	Israël	12	13	
	Gaamour *et al.* (2001)	Tunisie (cap Bon)	13.5	12.5	
	Athanassios *et al.* (2006)	Grèce	16.83	15.5	
Algérie	Bounhiol (1921, *in* Dieuzeide et Roland, 1956)	Algérie	13.5	12	
	Bouaziz *et al.* (2001)	Algérie (baie de Bou Ismaïl)	14.1	-	
	Bouaziz (2007)	Algérie (région centre)	14.14	13.64	13.93
	Présente Etude	**Algérie (golfe de Annaba)**	**13.90**	**13.65**	**13.78**

Le Comité d'experts du CGPM en examinant les relations entre la taille à la première capture et à la première maturité sexuelle des petits pélagiques, ayant une courte durée de vie, a reconnu qu'il convenait en général de capturer les poissons à une taille supérieure à celle de première maturité (CGPM, 2006).

La divergence des résultats ente les résultats obtenus en Atlantique et ceux obtenus en Méditerranée, s'explique comme le précise Bouaziz (2007), par le fait que l'ovogenèse de *S. aurita* du littoral algérien présente un seul groupe d'ovocytes qui évolue jusqu'à la ponte. Cependant, chez les sardinelles rondes de la côte Ouest du continent africain, plusieurs groupes d'ovocytes bien distincts sont mis en évidence, ce qui permet de supposer que la ponte de ces poissons est fractionnée durant une même saison.

Il est à noter enfin, que l'âge et la taille à la première maturité dépendent des facteurs environnementaux et génétiques mais peuvent être influencé par d'autres facteurs tels qu'une pression de pêche à long terme. Ce dernier facteur, peut causer un impact sur la taille de maturité forçant la population à atteindre la maturité à une plus petite taille et ce, afin d'assurer la survie des espèces (Tsikliras et Antonopoulou, 2006).

4. MORTALITES

Si les apports apportés à un stock de poissons sont scindés en deux parties, représentées par la croissance et le recrutement provenant de la reproduction, ses pertes par contre sont représentées par une seule partie : la mortalité.

Sur les décès totaux ou Z_t, une part revient à la pêche, l'autre aux causes naturelles (maladies, prédation, sénescence, …etc.). Ceci conduit à scinder Z_t en coefficients de mortalité par pêche F_t et de mortalité naturelle M_t (Laurec et Le Guen, 1981).

$$Z_t = F_t + M_t$$

F_t : coefficient instantané de mortalité par pêche (an^{-1}) ; et
M_t : coefficient instantané de mortalité naturelle (an^{-1}).

Un taux moyen de mortalité totale Z peut être évalué pour chaque pseudocohorte, par régression linéaire du Logarithme des captures en fonction de leurs âges (courbe de capture classique). Les valeurs moyennes des mortalités par pêche F sont ensuite calculées par différence entre Z et M (Gascuel, 2008).

La mortalité est définie comme étant le nombre d'individus disparaissant durant un intervalle de temps donné, elle représente donc un effet négatif sur le stock.

Ce phénomène est représenté par l'équation différentielle :

$$dN_t/dt = -Z.N_t$$

Z : Coefficient instantané de mortalité totale (an^{-1}) ; et
N_t : Nombre d'individus au temps t.

Par intégration, l'équation différentielle s'écrit :

$$N_t = N_0.e^{-Z_t}$$

Où :
N_0 : Effectif de la population au départ, et
N_t : Nombre de survivants à l'âge t.

Cette équation est aussi appelée, équation de survie.

4.1. MATERIEL ET METHODES

Le taux de mortalité est une donnée intéressante pour l'aménagiste des pêches. Il est composé de la mortalité artificielle F et de la mortalité naturelle M ; Le taux de mortalité Z à l'échelle d'une année se compose de la mortalité due aux captures totales des pêches (F) et aux mortalités totales (M) dues aux causes naturelles (physiologiques, génétiques, climatiques, …etc.) (Pauly, 1997).

4.1.1. Mortalité totale (Z)

Les mortalités totales (Z) constituent les pertes que subi un stock durant son exploitation.

Pour l'ensemble des ressources halieutiques exploitées la mortalité totale est scindée en deux principales composantes : la mortalité naturelle (M) et la mortalité par pêche (F).

$$Z = M + F$$

Dans le cas d'une absence de toute activité d'exploitation ou de pêche, la mortalité totale se confond avec la mortalité naturelle qui affecte le stock.

on peut écrire :

$$Z = M$$

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de la mortalité totale Z à partir des distributions de fréquences de tailles. Par exemple, on peut obtenir une évaluation raisonnable de Z en connaissant la longueur moyenne d'un échantillon représentatif de la population (Beverton et Holt, 1956) ou en traçant la droite dite des effectifs cumulés (Jones, 1983 et Pauly, 1997).

Une des méthodes les plus communément appliquée dans les eaux tempérées pour l'estimation de la mortalité totale est la méthode de la courbe des captures en longueur avec des intervalles de temps constant. Les premières utilisations de la méthode de l'équation de la courbe des captures en longueurs datent de Edser (1908), Heincke (1913) et Baranov (1918). Cette méthode a été revue par Beverton et Holt (1956), Chapman et Robson (1960), Robson et Chapman (1961), Ricker (1975), *in* Sparre et Venéma (1998) et Pauly (1984a; 1984b; 1990, 1997).

La méthode de Pauly (1984 a;1984 b; 1990, 1997) appelée, méthode de la courbe de captures linéarisée, et basée sur l'élaboration de la courbe de captures selon les longueurs a été retenue du fait qu'elle s'adapte le mieux à l'échantillon de *Sardinella aurita* capturée dans le golfe de Annaba. L'application de cette méthode nécessite le regroupement des échantillons mensuels sur une année, et ce pour les espèces dont la longévité est faible, telle que la sardinelle. L'estimation de Z au moyen de la courbe des prises est basée sur l'analyse des structures démographiques issues de la clé âge-longueur.

Pour obtenir Z de cette façon, il faut :

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

La méthode suivie pour estimer Z consiste à échantillonner une population comportant plusieurs classes d'âges, puis à tracer le logarithme népérien (ln) du nombre de poissons dans l'échantillon (N) en fonction de leur âge t respectif. Cette méthode est définie par l'équation suivante :

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

Où :
N_i : est le nombre de survivants à l'âge t_i ;
a : est une constante correspondant à l'ordonnée à l'origine ;
b = -Z ; et
Δt_i : est le temps moyen que prend un poisson, au cours de sa croissance, pour traverser la classe de tailles i. Il se calcule par :

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

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

Plusieurs conditions doivent être réunies pour que la valeur de b soit un bon estimateur de Z. Parmi celles-ci, on peut noter :

(a) seules les valeurs de lnN/dt qui appartiennent à un groupe d'âge de poissons complètement vulnérable à l'engin de pêche en question, doivent être prises en compte dans le calcul. Ceci est équivalent à n'utiliser que la "partie décroissante" de la courbe des captures;

(b) le recrutement doit être constant durant la période d'étude ou doit n'avoir fluctué que de manière aléatoire (Pauly, 1985);

A noter que FISAT II (Gayanilo *et al*., 2005) prévoit deux options d'analyse de la courbe de capture fondée sur la longueur:

(1) courbe de capture fondée sur la longueur dans le cas où la croissance ne présente pas d'oscillations annuelles, soit, C = 0 ; et
(2) courbe de capture fondée sur la longueur dans le cas où la croissance présente des oscillations annuelles, quand C > 0 (Gayanilo *et al*., 2005).

Pour la présente étude la première option a été retenue pour le calcul par le FISAT II (Gayanilo *et al*., 2005) de la mortalité totale (Z) de *S.aurita* du golfe de Annaba, donc les paramètres de saisonnalité C et WP sont nuls (Tabl. 21).

Tableau 21. Données nécessaires pour le calcul de Z, M et L_c.

C C (cm)	Ni	Autres paramètres
8.5	1	
9.5	4	
10.5	74	
11.5	145	
12.5	159	
13.5	211	$\mathbf{L_\infty}$ = 27.41 cm ;
14.5	167	
15.5	154	**K** = 0.41an^{-1} ;
16.5	138	
17.5	164	**T** = 19.2 ° C (Chaouch, 2007) ;
18.5	179	
19.5	162	$\mathbf{t_0}$ = 0
20.5	99	
21.5	45	Option sans saisonnalité: **C** et **WP** = 0
22.5	27	
23.5	20	
24.5	8	
25.5	4	
26.5	3	

4.1.1. Mortalité naturelle (M)

En halieutique, on définit comme mortalité naturelle, toute source de mortalité autre que la mortalité liée a la pêche (Pauly, 1988).

Le coefficient de mortalité naturelle (M) est l'un des paramètres les plus difficiles à évaluer. Pourtant, une valeur aussi exacte que possible de M est nécessaire pour mettre en œuvre la plupart des modèles habituels de gestion des stocks (Pauly, 1997).

Pour son évaluation, la méthode de Pauly (1980 ; 1984a) a été retenue du fait qu'elle offre la possibilité de reconnaître une valeur de M comme faible ou élevée en la comparant à la valeur étalon dans la base de données FishBase (Froese et Pauly, 2007), et permet par conséquent, de détecter un biais dans une évaluation directe de M.

L'équation empirique de mortalité naturelle de Pauly (1980 ; 1984a) s'écrit comme suit :

$$ln\ (M) = -0.0066 - 0.279\ ln\ (L_\infty) + 0.6543\ ln\ (K) + 0.4634\ ln\ (T)$$

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

Aux fins de cette étude le coefficient de mortalité naturelle du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba a été calculé par la méthode de Pauly (1980 ; 1984a) par traitement au logiciel FISAT II (Gayanilo *et al*., 2005). Cette équation nécessite la connaissance de la température annuelle moyenne des eaux de la zone d'étude. Le paramètre de température retenu est celui trouvée par Chaouch (2007), qui sur un ensemble de mesures étalées sur toute l'année coïncidant à la même période de cette étude et le long du golfe de Annaba a trouvé une valeur moyenne de l'ordre de 19.2 °C.

4.1.2. Mortalité par pêche (F)

La mortalité par pêche est un paramètre essentiel pour l'étude de la dynamique d'un stock exploité et qui représente le paramètre de l'exploitation.

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

$$F = Z - M$$

4.1.3. Probabilités de captures selon les longueurs

Parmi les processus liés à la mortalité par pêche, « la sélectivité » (probabilité qu'un poisson soit capturé par un engin de caractéristiques données). La sélectivité est une mesure de la capacité d'un engin de pêche à ne capturer qu'une partie des animaux présents. Elle correspond donc à une sélection soit des espèces pêchées, soit de la gamme des tailles et donc des âges pêchés (Gascuel, 2008). Dans ce second cas qui nous intéresse ici, la sélectivité peut être exprimée par une courbe des taux de capture en fonction des tailles.

Drouineau (2008) note que, le plus souvent la sélectivité est décrite par une fonction mathématique (sigmoïde, gamma ou double gaussienne) de la taille du poisson et des caractéristiques techniques de l'engin (par exemple la maille pour un chalut ou un filet)

Le terme L_{50} est occasionnellement utilisé pour noter la longueur à laquelle un poisson a 50% de probabilité d'être retenu par l'engin de pêche (Cooper, 2006).

L'option Probabilités de capture, dans FISAT II (Gayanilo *et al*., 2005), mène à des routines qui peuvent être utilisées pour déterminer des courbes de sélectivité pour des engins de pêche spécifiques.

Les courbes de sélectivité par type de chalut sont caractérisées par la sélectivité de la « main gauche». Les petits poissons s'échappent à travers la maille et ne sont pas attrapés. Dans la plupart des cas, ces types de données sont obtenus à partir des expériences de sélectivité du chalut, qui consistent habituellement à sélectionner le cul de chalut dont la sélectivité doit être établie avec un maillage faible.

Cependant, des informations semblables peuvent aussi être obtenues à partir de la courbe de capture fondée sur la longueur, par rétro-extrapolation de la courbe de capture, et en comparaison avec les nombres réellement attrapés avec ceux qui devraient être attrapés.

Implicitement, l'âge de première capture est celui qui correspond à un échappement de 50% (Gascuel, 2008).

Pour estimer les paramètres de sélectivité, (L_{25}, L_{50}, L_{75}), FISAT II (Gayanilo *et al*., 2005) fournit à l'utilisateur les options suivantes :

- utiliser la courbe logistique qui suppose que la sélectivité est symétrique ou presque ; et
- utiliser des moyennes mobiles sur trois classes et interpoler les paramètres de la sélectivité.

Selon Pauly (1997), les probabilités de captures ainsi calculées, seront d'autant plus exactes que les hypothèses suivantes seraient respectées :

- l'engin de pêche utilisé est un chalut ou tout autre engin qui présente une courbe de sélectivité de la même forme ; c'est à dire que la sélectivité ne s'exerce que sur les individus de petites tailles et non pas sur les grands ;
- le plus petit poisson capturé est effectivement pleinement recruté ; et
- les valeurs de M et Z sont correctes.

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

$$ln[(1/P_L)-1] = S1 - S2 \cdot L$$

Où :

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

$$L_{25} = [ln(3)-S1]/S2$$

$$L_{50} = S1/S2$$

$$L_{75} = (ln(3)+S1)/S2$$

Où:

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

Selon Sparre et Venema (1998), la probabilité qu'un poisson soit retenu par l'engin de pêche est due :

- à la probabilité que le poisson soit sur le lieu de pêche ; et
- à la probabilité que le poisson soit retenu par les mailles une fois qu'il a pénétré dans l'engin de pêche.

La phase exploitable d'un stock est en principe définie sur des critères biologiques, la phase exploitée sur des critères halieutiques (Fig. 23). Il est cependant courant, que les deux notions soient confondues. Le recrutement correspond alors à l'entrée effective des animaux dans la pêcherie et on parle de recrutement partiel, à propos des stades jeunes échappant pour partie aux engins de pêche. Si l'on veut faire le lien entre cette vision pratique et le schéma théorique, il faut considérer que l'âge de recrutement correspond à l'âge des plus jeunes poissons exploités (le premier groupe d'âge considéré dans le modèle) (Gascuel, 2008).

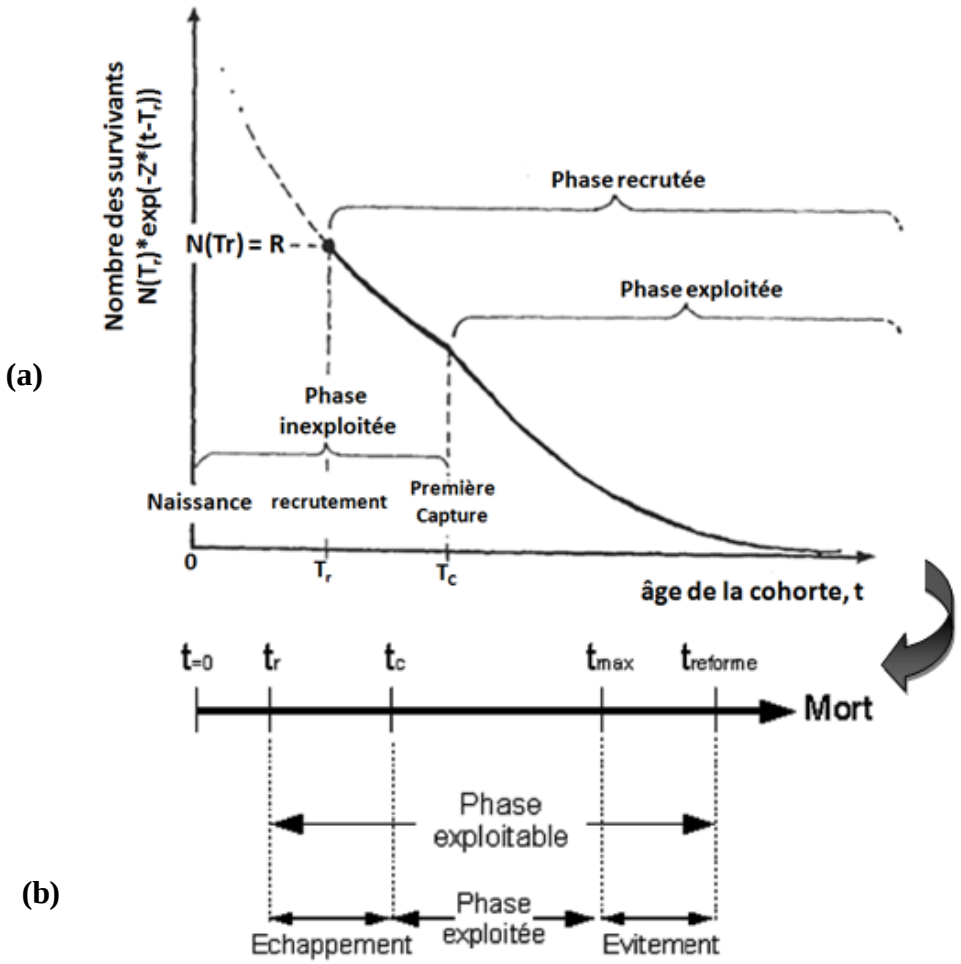


Figure 23. Représentation graphique des phases exploitée et exploitable d'un stock ou d'une cohorte

(a) Graphe (Sparre et Venema, 1998) et (b) Schéma chronologique (Gascuel, 2008) montrant les âges et les phases clé dans la vie des individus d'une cohorte exploitée.

La plupart des engins ne capturent pas un échantillon au hasard de tous les poissons présents; ils sélectionnent soit les gros poissons, soit les petits.

Un des cas le mieux étudié de sélectivité est celui des culs-de-chalut. Pour une dimension de maille donnée, tous les petits poissons passeront à travers et tous les grands poissons seront retenus. Mais quelque part au milieu de cette gamme, il y aura un groupe de longueurs dans lequel des poissons d'une certaine taille sont capturés parce qu'ils sont trop gros pour passer à travers les mailles mais d'autres de la même taille passent à travers parce qu'ils sont suffisamment minces.

Si on porte sur un graphique la proportion retenue à chaque longueur et la longueur on obtient une courbe sigmoïde. La caractéristique importante de cette courbe est le point des longueurs où la moitié des poissons sont retenus et la moitié s'échappent, c'est la longueur de sélection à 50 %. Divisée par la dimension de maille moyenne du cul-de-chalut, elle donne le facteur de sélection. La dimension de maille est mesurée avec une jauge spéciale à ressort tendu. D'autres détails de la sélectivité du chalut et des méthodes de son étude sont donnés par Pope (1966). Holden (1973) donne une bibliographie complète des références.

4.2. RESULTATS ET DISCUSSION

4.2.1. Mortalité totale

Selon les préconisations de Sparre et Venema (1998), des observations sont exclues de la régression de la courbe de captures linéarisée. Les premières classes de tailles qui forment la partie ascendante de la courbe. 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 s'approche de L_∞, la relation entre l'âge et la longueur devient incertaine.

Pour ce qui est de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba, le Z retenu correspond à 1.82 an^{-1} (Fig. 24 et Tabl. 22). Ce résultat se rapproche le mieux de la réalité du fait que la méthode utilisée contourne les difficultés associées à l'évaluation des âges, qui à leurs tours peuvent affecter le taux de mortalité totale (Z) (Pauly, 1983).

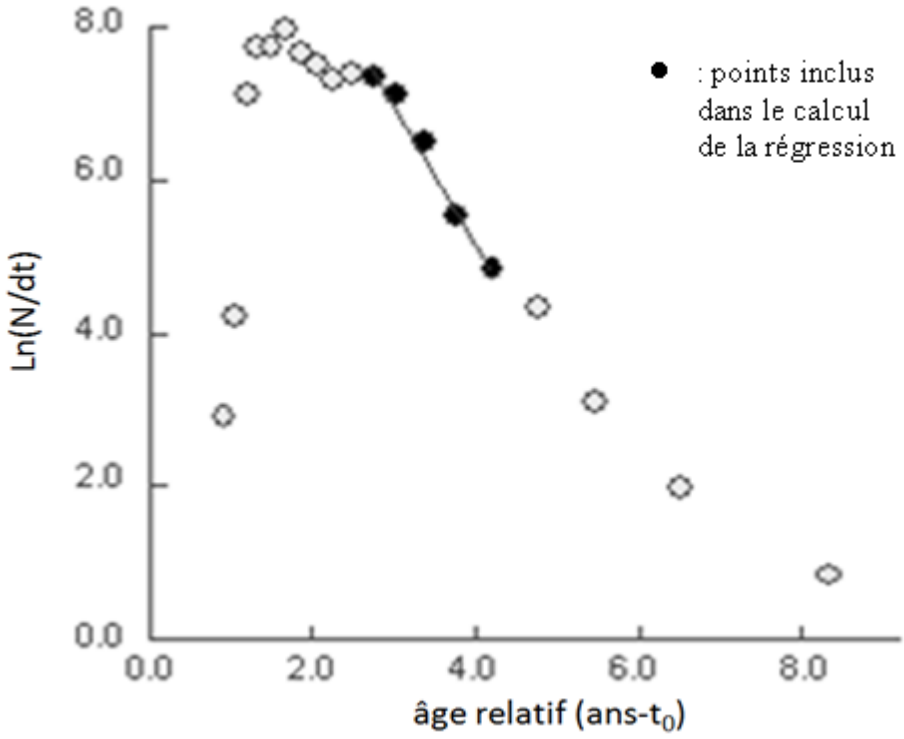


Figure 24. Calcul de Z par la courbe de captures selon les longueurs de *Sardinella aurita* de la région du golfe de Annaba (FISAT II, 2005).

Les résultats statistiques de la régression à la base du calcul du taux de mortalité totale (Z) sont résumés dans le tableau 22.

Tableau 22. Résultats de la courbe des captures en longueurs converties de *S.aurita* du golfe de Annaba (FISAT II, Gayanilo *et al*., 2005).

Désignation des paramètres statistiques	Valeur
N : nombre d'observations	5
a = ordonnée à l'origine	11.631
Ecart type de l'ordonnée à l'origine (a)	0.489
I.C.(a) = intervalle de confiance de l'ordonnée à l'origine pour α = 5%	[10.075 - 13.187]
b = pente (**Z**)	**-1.822**
Ecart type de la pente (b)	0.142
I.C.(b) = intervalle de confiance de la pente pour α = 5%	[(-2.272) - (-1.371)]
Mx = moyenne des x	3.414
Sx = écart-type des x	0.574
My = moyenne des y	5.412
Sy = écart-type des y	1.056
r = Coefficient de corrélation	-0.9910
$\mathbf{r^2}$ = Coefficient de détermination	0.9822

La méthode choisie pour le calcul de Z fait partie des modèles structurés en longueur plutôt qu'en âge. Ces modèles s'affranchissent de la conversion taille/âge et permettent de décrire de nombreux processus biologiques ou de captures directement liés à la longueur (ICES, 2003).

4.2.2. Mortalité naturelle

La valeur de la mortalité naturelle, estimée par l'équation empirique de Pauly (1980, 1984 a), est de **0.86 an^{-1}**. Ce résultat se rapproche du coefficient instantané de mortalité naturelle de *Sardinella aurita* (M = 0.98 an^{-1}) qui fait partie des 400 valeurs de M dignes de confiance pour plus de 200 espèces, dans la base de données "FishBase", évoquées par Froese et Pauly (1999) ; Palomares *et al*. (1991) et Froese et Pauly (2007) dans la base de données "FishBase". En outre, ce résultat semble être correct du fait que la valeur du rapport M/K de *S.aurita* du golfe de Annaba et qui est égale à **2**, concorde avec les résultats de la relation de Beverton et Holt (1959) selon laquelle **$1 \leq M/K \geq 2$** pour les petits pélagiques. Par contre, Pauly (1997) note que le rapport M/K est élevé pour les espèces à faible longévité et est souvent supérieur à 2. A noter enfin que la valeur de M trouvée lors de cette étude concorde avec ceux trouvées par différents scientifiques en Méditerranée (Tabl. 23).

Ursin (1967) montre que, la mortalité naturelle dépend à la fois de facteurs physiologiques (maladies, vieillesse) de facteurs environnementaux (températures, courants, salinités,…) et de facteurs dus au hasard (prédation). Les facteurs environnementaux peuvent être cernés et on peut estimer l'influence de ces facteurs sur la croissance ou la reproduction.

En réalité la mortalité naturelle peut être confondue avec la réforme (Chauvet, 1986). Laurec et Le Guen (1983) décrivent la réforme comme étant le processus inverse du recrutement qui conduit des individus à quitter définitivement les lieux de pêches au-delà d'un certain âge. Pour le scientifique la réforme correspond aux changements d'accessibilité des poissons vis-à-vis des engins de pêche. (Chauvet, 1986). Cet auteur montre que l'estimation de la mortalité naturelle M est difficile, voire conjecturelle et surtout invérifiable. Toutes les méthodes disponibles sont approchées et comportent une importante part d'incertitudes dans l'application des modèles halieutiques.

Tableau 23. Mortalités naturelle et totale de *Sardinella aurita* dans différentes régions selon la littérature.

Région	Auteur	Zone d'étude	M (an^{-1})	Z (an^{-1})
MEDITERRANEE	Bebars (1981)	Egypte (baie de Saloum)	0.99	0.99
	Dintheer (1982)	France (Corse)	0.76	
	Chavance *et al*. (1985)	Algérie (Oran)	0.59 (♀) 0.70 (♂)	1.47 (♀) 1.79 (♂)
	Bouaziz *et al.* (2001)	Algérie (région centre)	0.54	2.22
	Bouaziz (2007)	Algérie (région centre)	0.81	1.88
	Présente Etude	**Algérie (golfe de Annaba)**	**0.86**	**1.82**
AUTRES REGIONS	Grall (1984)	Golfe du Mexique	0.6	
	Fréon (1988)	Sénégal	1.2	
	Guzman et Gomez (2000)	Nord du Venezuela	1.65	5.56

Suite à l'application de la formule de Pauly (1980) par un nombre élevé de travaux d'évaluation halieutiques sur différents stocks de poissons de différentes régions du monde on constata que: les petits poissons et les espèces à croissance rapide ont une mortalité naturelle élevée et que plus la température ambiante des eaux est élevée plus grande est la mortalité naturelle.

Il est important de signaler que la fiabilité des résultats de M dépend de la qualité des données d'entrées utilisées dans l'équation de calcul. Que la mortalité naturelle soit chez les poissons, corrélée avec la longévité, donc avec K, semble évident. De même, elle est corrélée avec la taille puisque les grands poissons ont, en règle générale, moins de prédateurs que les petits. On peut également montrer que la mortalité naturelle chez les poissons est corrélée avec la température moyenne de leur environnement (Pauly, 1985).

4.2.3. Mortalités par pêche

A partir des valeurs de Z et M, calculées ci-dessus, le coefficient de mortalité par pêche (F) est estimé à 0.96 an^{-1}.

Le taux de mortalité par pêche calculé représente un indicateur important de l'état global d'exploitation et est considéré par la modélisation d'évaluation de la dynamique des stocks comme une donnée essentielle. En effet, ce résultat sera considérer par les modèles analytiques comme une première image et vecteur principal de la tendance générale d'exploitation qui sera ventilé pour une analyse plus fine selon les différentes classes de tailles composant le stock.

L'ancienne approche d'évaluation halieutique, dite globale, considérait le coefficient de mortalité par pêche comme constant et déterministe de l'état de l'exploitation et duquel on déduisait le taux d'exploitation (E=F/Z), à partir duquel on conclue sur le niveau d'exploitation (sous ou surexploitation et/ou état d'équilibre par rapport à un indice de 0.5). Suite à l'effondrement de plusieurs stocks halieutiques gérés sur la base de ces méthodes, ce type d'approche est actuellement considérée comme simpliste et insuffisant pour décrire l'exploitation réelle au sein d'une pêcherie.

4.2.4. Probabilités de captures

La droite de régression utilisée pour le calcul de Z peut être extrapolée pour estimer la probabilité de capture quand les paramètres de saisonnalité ne sont pas donnés ou sont considérés comme nuls (Fig. 25).

La courbe de sélectivité est symétrique ou presque et la longueur moyenne de première capture (L_c) correspond à la longueur au point médian de la courbe, c'est-à-dire la longueur correspondant au pourcentage de captures de 50% des poissons se trouvant sur les lieux de pêche (L_{50}) et susceptibles d'être capturés. L'autre moitié des poissons se trouvant dans le filet s'échappant. La longueur de première capture est souvent désignée dans la littérature par les deux symboles, L_c ou L_{50}.

Les probabilités de captures selon les longueurs ont été calculées à partir de la partie gauche de la courbe de captures selon les longueurs, la mortalité naturelle (M) et les paramètres de croissance linéaire (L_∞ et K).

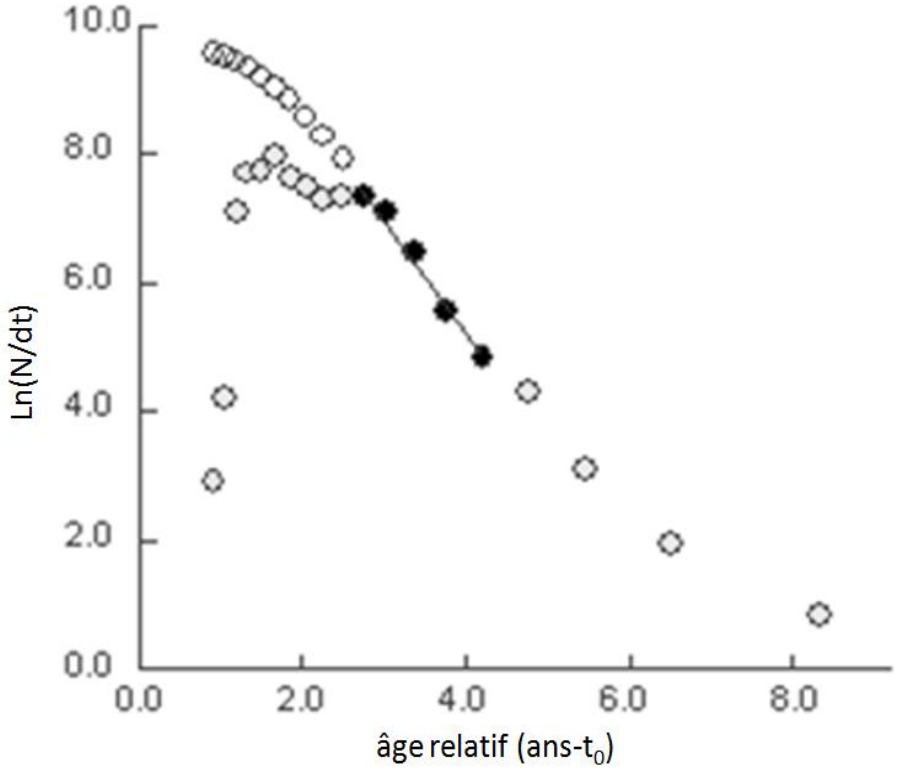


Figure 25. Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante de la courbe de captures de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba (FISAT II, 2005) (pour Z=1.82; M (à 19.2°C)=0.86; F=0.96; E=0.53).

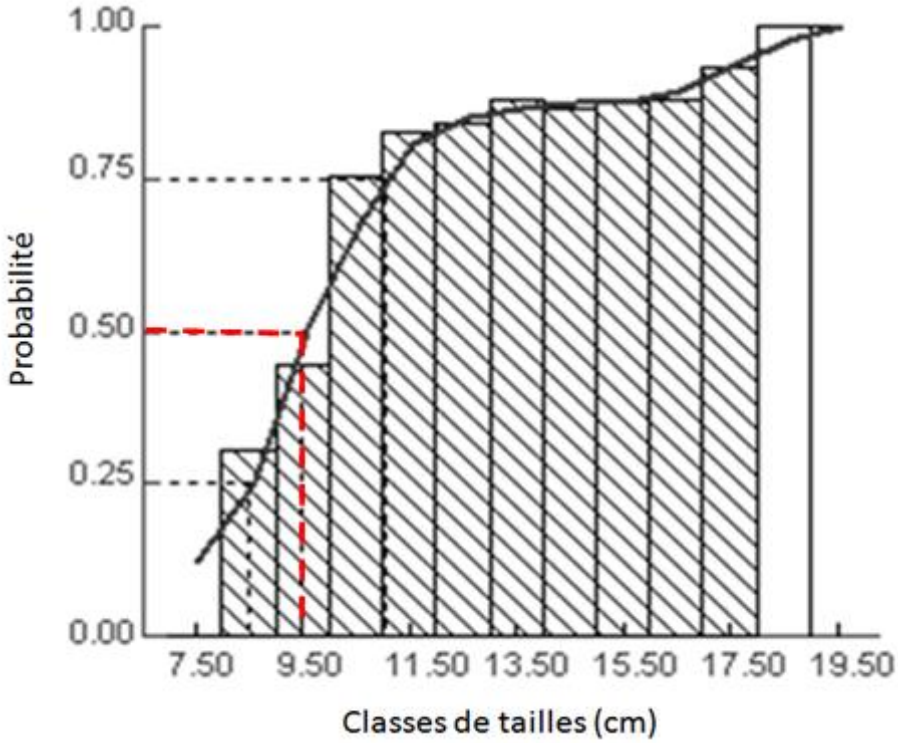


Figure 26. Détermination des probabilités de captures de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba (FISAT II, 2005).

La sélectivité est une mesure de la capacité d'un engin de pêche à ne capturer qu'une partie des animaux présents. Elle correspond donc à une sélection soit des espèces pêchées, soit de la gamme des tailles et donc des âges pêchés. La sélectivité peut être exprimée par une courbe des taux de capture en fonction de l'âge. Par suite du phénomène d'échappement, le taux de capture est généralement croissant chez les jeunes, selon une courbe de type logistique (Gascuel, 2008).

La compilation des figures 25 et 26, montre que les tailles de captures correspondantes aux L_{25}, L_{50} et L_{75} sont respectivement de 8.5 cm (0.91 an), 9.5 cm (1.04 an) et 11.07 cm (1.26 an). L'âge de première capture (t_c), considéré dans les études d'évaluation halieutiques et qui correspond à L_{50}, soit un échappement de 50%, est de 1.04 ans et est représenté par une taille de première capture (L_c) de l'ordre de 9.5 cm (Fig. 26).

En Méditerranée, Bebars (1981) a obtenu une L_c de 11.42 cm pour les sardinelles de la baie de Saloum en Egypte. En Algérie, Bouaziz (2007) trouve une L_c = 7.27 cm. Cette différence est due à des raisons biologiques, tels le choix des méthodes, les paramètres de l'équation de von Bertalanffy (L_∞ et K) et les fréquences de tailles utilisées (Bouaziz, 2007) et aussi par des raisons halieutiques, tels que la différence des techniques et des stratégies de capture.

Selon Sparre et Venema (1998), la probabilité qu'un poisson soit retenu par l'engin de pêche est due :

- à la probabilité que le poisson soit sur le lieu de pêche ; et
- à la probabilité que le poisson soit retenu par les mailles une fois qu'il a pénétré dans l'engin de pêche.

L'absence d'une étude de recrutement qui permet de comparer la courbe de recrutement à la courbe de sélection, nous empêche de savoir si la sélection s'opère sur une population de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba pleinement recrutée ou pas.

La sélectivité est un résultat qui intéresse l'étude de l'exploitation et est obtenu grâce à la connaissance de la biologie du stock étudié. Cependant, et pour les besoins de la modélisation employée lors de l'étude d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba, la taille de première capture sera confondue avec la taille de recrutement.

Chapitre III :
ETUDE DE L'EXPLOITATION

1. INTRODUCTION

Au cours des années 1960 et 1970, de nombreuses pêcheries se sont développées en différents endroits du monde où les seules données sur l'état des stocks étaient une ou quelques campagnes d'estimation de la biomasse (Caddy et Mahon, 1996). Cette description correspond parfaitement au contexte halieutique algérien actuel, où un accroissement apparent de l'effort de pêche est accompagné par une flagrante pénurie d'études d'évaluation de l'état des stocks halieutiques exploités.

Depuis l'intensification de l'activité de pêche, et la prise de conscience de la nécessité de gérer les stocks de poissons, le principe de l'évaluation s'est généralisé, et a bénéficié de nombreux développements méthodologiques. Aujourd'hui, sur les 584 stocks commerciaux d'animaux marins faisant l'objet d'un suivi scientifique à travers le monde, 441 font l'objet d'une évaluation (FAO, 2005).

Bien que la biologie de *S.aurita* ait été bien étudiée dans différentes régions du monde, les études de la dynamique d'exploitation de cette espèce restent cependant et à l'heure actuelle très rares, voir inexistantes, et ce malgré l'importance que représente ce poisson dans les captures de pêche. Lleonart et Maynou (2003) notent, l'absence totale jusqu'à l'année 2000 d'études d'évaluation du stock de *S.aurita* en Méditerranée. Depuis, peu de choses ont changées et on note à ce sujet, une seule étude réalisée par Bouaziz (2007) dans la région centre algérienne sur la dynamique de population d'un stock de *S.aurita* en Méditerranée.

Il existe un éventail assez large de méthodes d'évaluation des stocks de poissons. Certaines méthodes constituent de simples applications des techniques classiques d'estimation d'abondance des populations par échantillonnage, d'autres font appel à des techniques de modélisation plus complexes. Ces différentes méthodes sont utilisées dans des circonstances différentes, selon la nature et la quantité des données récoltées et les objectifs et du contexte de l'évaluation (Holden et Raitt, 1974).

L'étude d'exploitation de *S.aurita* du golfe de Annaba sera abordée lors de ce chapitre avec pour objectif premier, la description qualitative du stock exploité par la détermination du diagramme d'exploitation, définit par la structure démographique des captures et du stock actuel. En deuxième lieu, une description quantitative du stock exploité s'impose par la détermination du régime d'exploitation, définit par la combinaison de l'effort de pêche et du diagramme d'exploitation. Comme indicateur principal de l'abondance du stock, cette étude d'exploitation permettra d'évaluer la biomasse totale exploitable disponible et à partir de laquelle sont effectuées les captures enregistrées. L'analyse des différents mécanismes qui affectent cette biomasse et qui déterminent son diagramme et son régime d'exploitation sera élaborée, à travers, la détermination de la structure démographique, les indices d'abondance du stock, des taux de mortalités par pêche subis par les différentes classes de tailles, les indicateurs de tailles et âges (moyens) du stock et enfin l'analyse des rendements par recrues.

La finalité de cette partie de l'étude, consiste en l'élaboration d'un diagnostic de l'état actuel du stock ainsi que de son exploitation et la proposition d'avis et conseils de gestion basés sur les résultats de l'analyse de rendement, de biomasse et de biomasse féconde par recrue. L'approche de précaution sera le cadre général au sein duquel seront établies les préconisations d'une gestion rationnelle et responsable de l'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba. Cette démarche est rendue possible grâce à la détermination de quelques indicateurs biologiques de référence, considérés parmi les plus pertinents.

2. MATERIEL ET METHODES

L'analyse de l'état d'une pêcherie dépend de la disponibilité des renseignements appropriés dont la plupart peuvent être obtenus de la pêcherie elle-même. Les études d'évaluation des stocks halieutiques établissent un diagnostic de l'exploitation en calculant les taux de pêche exercés ainsi que les quantités de poissons exploités (Holden et Raitt, 1974).

Les résultats issus de l'étude biologique de 1764 individus à sexes confondus, mesurant entre 8 et 26 cm, fournis les paramètres indispensables pour l'étude d'exploitation du stock de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba (Tabl. 24). Le principe de cette étude se basera sur la méthode d'Analyse des Populations Virtuelles ou VPA (Virtual population Analysis) en fonction des longueurs couplée à une analyse des rendements par recrues.

Tableau 24. Données nécessaires pour le calcul de la VPA.

Centre de classe (cm)	**Effectif**	**Taux des Matures**	**Autres paramètres**
8.5	1	0	**Clé âge longueur** Age (an) 1 2 3 4 Taille (cm) 11.30 13.68 18.00 23.51
9.5	4	0	
10.5	74	0	
11.5	145	0	**Equation de la croissance linéaire** $L_t = 27.41\ e^{-0.41t}$
12.5	159	0.2	
13.5	211	0.42	
14.5	167	0.7	**Relation taille-poids** $W_t = 0.005716\ L_t^{3.038}$
15.5	154	0.86	
16.5	138	0.89	
17.5	164	0.94	
18.5	179	0.97	**Mortalités (an^{-1})** M = 0.86 ; F = 0.96 ; Z = 1.82
19.5	162	1	
20.5	99	1	
21.5	45	1	
22.5	27	1	**Taille de la première maturité sexuelle** (sexes confondus) L_m = 13.78 cm
23.5	20	1	
24.5	8	1	
25.5	4	1	**La production annuelle de l'allache du port de pêche de Annaba pour l'année 2006 est de :** 1302.3 tonnes
26.6	3	1	

2.1. Choix de l'approche analytique

L'approche analytique, est aujourd'hui très largement utilisée dans le monde, par l'ensemble des scientifiques en charge de l'évaluation des stocks halieutiques. Par rapport aux approches globales, qui nécessitent des séries de données de captures de plus de dix années au moins, les modèles analytiques décrivent de manière beaucoup plus précise les relations entre les caractéristiques du stock (structure démographique, abondance,...) et les caractéristiques de son exploitation (diagramme d'exploitation, mortalités par pêche,...). L'approche analytique dans l'évaluation des stocks halieutiques est d'autant plus pratique, du fait qu'il est possible de la réaliser à partir des données de capture et de l'échantillonnage biologique d'une seule année.

Le principal avantage de l'approche analytique est de disposer d'une description historique détaillée de la dynamique de l'espèce étudiée tout en quantifiant les processus de base qui affectent la population en question (Fig. 27) : recrutement, croissance, mortalité et impact de la pêche (Gascuel, 2008).

L'approche analytique permet d'analyser et de mieux comprendre l'impact de la pêche sur les ressources exploitées. Elle conduit notamment à distinguer deux types d'effets, qui s'avèrent très différents. D'une part, la pêche a des effets sur la structure démographique du stock exploité. Il s'ensuit des modifications de l'abondance du stock et des captures. Ces changements sont l'objet des modèles de biomasse et de rendement par recrue. D'autres part, en modifiant l'abondance des géniteurs, la pêche a des effets sur la capacité de renouvellement du stock et donc sur le recrutement.

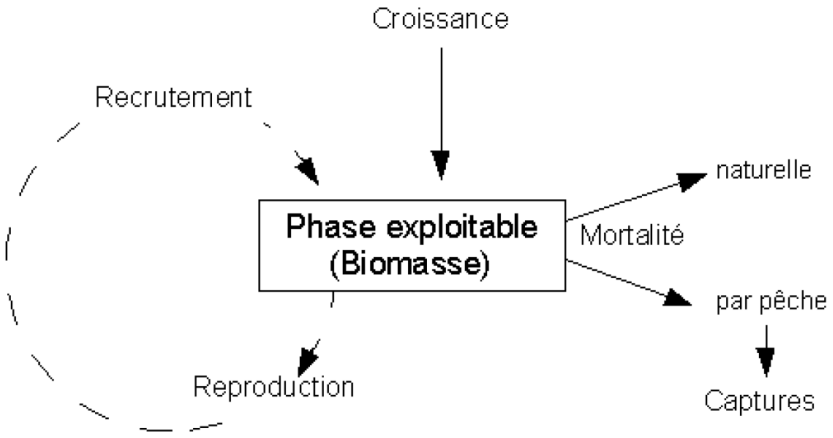


Figure 27. Schéma conceptuel des modèles analytiques
(d'après Ricker 1958, *in* Gascuel, 2008).

Le processus de recrutement n'étant pas pris en considération dans le cadre du raisonnement à recrutement constant, seul trois processus sont donc considérés et feront l'objet des modèles unitaires précédemment évoqués : le processus de croissance, le processus de mortalité et le processus de capture.

L’analyse de populations virtuelles ou VPA (Virtual Population Analysis), appelée aussi analyse des cohortes ou analyse séquentielle des populations est le modèle analytique d’étude de la dynamique des stocks le plus utilisé et le plus préconisé par les différents groupes d’experts de par le monde (CGPM, CIEM, ICCAT, NAFO, NOAA...). Cette méthode sera utilisée pour l’étude de l’évaluation du stock de la sardinelle ronde du golfe de Annaba par traitement informatique au VIT (Lleonart et Salat, 1997).

L’Analyse des Populations Virtuelles (VPA) est l’une des méthodes d’évaluation les plus robuste statistiquement. Elle permet une définition analytique simple et dont les hypothèses sont peu restrictives (Mesnil, 1980). La VPA nécessite la connaissance de la structure d’âge du stock et cherche à reconstituer à partir des captures structurées en âge ou en classes de tailles, la population présente sur les lieux des pêches. Cela signifie que les captures doivent être décomposées préalablement en groupes d’âge ou de tailles (Hilborn et Walters, 1992, Gascuel, 1994),

Chassot (2005) signale que, cette technique d’évaluation des stocks a été développée après la deuxième guerre mondiale par Fry (1949), puis a été reprise dans les années 1960 par Jones (1957), Murphy (1965) et Gulland (1965) et a été utilisée par la suite par la plupart des spécialistes : Tomlinson (1970), Pope (1972), Cadima (1977), Mesnil (1980), Pauly (1984) et Sparre (1987). Cette méthode est actuellement l’une des plus employées dans l’évaluation halieutique en vue d’estimer la biomasse et la mortalité par pêche.

Un programme informatique de calcul particulièrement bien adapté à ce type d'analyse est le programme VIT (Lleonart et Salat, 1997). Il a été spécialement conçu pour les analyses de populations virtuelles et de rendements par recrue à partir de pseudocohortes en âges ou en tailles. Il est très pratique pour l’évaluation des pêcheries méditerranéennes. Il permet en particulier d'étudier les niveaux d'exploitation, les compétitions entre métiers et les situations de transition qui résulteraient de changements de schémas d'exploitation.

Les résultats de calculs fournis par le programme VIT permettent de disposer d'un stock de référence et de résultats, caractérisés essentiellement par un effectif (nombre d'individus par classes d'âge ou de tailles), une biomasse et un régime d'exploitation donnant le rendement par recrue pour les différentes valeurs de la mortalité par pêche F et ce pour différents scénarii d’exploitation : actuelle, optimale et maximale.

Sparre et Venema (1998) notent, que le principe général de la VPA 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

2.2. Les modèles structurés en longueurs

Les modèles les plus classiquement utilisés en halieutique, en particulier pour l'évaluation des stocks, sont des modèles structurés en âges. Ces modèles permettent de fournir un diagnostic sur les tendances de la mortalité par pêche et de la biomasse. Cependant, et au cours des dernières années on assiste au développement récent d'un type alternatif de modèle, les modèles structurés en longueur (Drouineau, 2008).

L’avantage que présentent les modèles structurés en longueurs est la possibilité de pouvoir décrire, sans transformation, les nombreux processus biologiques et d'exploitation directement

liés à la longueur des poissons. Cet aspect est d'autant plus important que la variabilité interannuelle ou interindividuelle de croissance est forte (ICES, 2003).

Lleonart (1993) note que, les fréquences de tailles ont la majorité des cas plus de classes que les mêmes données structurées par âge. Ceci fait de l'analyse des cohortes selon les longueurs une méthode plus précise que les méthodes par âge.

L'étude de l'état du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba par VPA sera élaborée en fonction des longueurs et non par âge. Parmi les arguments essentiels dictant ce choix, le fait que ces méthodes soient très sensibles aux variations de l'âge initial. En effet, selon Cadima (2002), pour le calcul des âges relatifs, on a l'habitude, pour uniformiser, d'adopter l'âge initial comme étant zéro. La valeur de la longueur qui lui correspond, sera alors la limite inférieure de la première classe de tailles représentée dans les captures (Bouaziz, 2007). Pour le cas de la présente étude, il est impossible d'attribuer l'âge zéro à la limite inférieure (8 cm) de la première classe de tailles de la distribution de fréquences de tailles issue de l'échantillonnage.

Gascuel (1994) et Pauly (1997), encouragent fortement les biologistes des pêches à aider le département des pêches (ou administration similaire) de leurs pays à mettre au point une collecte des statistiques de pêches incluant, au moins pour les espèces les plus importantes, des données selon les longueurs et, à plus long terme, selon les âges.

Malheureusement, les statistiques de captures disponibles sont rarement associées à des distributions de fréquences en longueurs représentatives de ces captures. Ce qui met en défaut les méthodes d'évaluation par VPA. Pourtant, elles sont très bien adaptées aux pêcheries qui emploient des engins différents dont la façon de prélever les poissons est très difficile à connaitre (Hoenig et Chouinard, 1994). Avec cette méthode, on peut alors évaluer l'impact de tous ces engins sur les poissons eux-mêmes.

2.3. Modèles de base pour le calcul de l'abondance numérique

Les principes de calcul à la base de la VPA reposent sur les trois processus : le processus de croissance (Equation de von Bertalanffy), le processus de mortalité (ou de survie) et le processus de capture. Ces processus sont considérés selon les modèles unitaires précédemment évoqués. Le processus de recrutement n'étant pas pris en considération dans le cadre du raisonnement "à recrutement constant" (Gascuel, 2008).

2.3.1. Modèle de survie

Le processus de mortalité est représenté par l'intermédiaire d'un modèle de survie, qui permet d'estimer N(t) l'effectif de la cohorte à l'âge t. Ce modèle est donc une formalisation mathématique qui traduit l'idée extrêmement simple selon laquelle "plus la cohorte vieillit, plus son effectif diminue"(Gascuel, 2008).

Sur chaque intervalle [t, t+1[, correspondant au groupe d'âge t, la mortalité est modélisée en utilisant des coefficients valides sur tout l'intervalle, soit :

$$Z_{(t+s)} = Z_t = M_t + F_t$$

Pour tout âge t+s compris dans l'intervalle [t, t+1[, le modèle de survie s'exprime ici de la façon suivante avec s, la fraction d'âge écoulée depuis le début de l'âge t (soit : $0 \leq s < 1$) :

$$N(t+s) = N_t \times e^{-(M_t+F_t)\times s}$$

Selon le même raisonnement que pour le modèle à taux constant, on en déduit l'effectif en chaque point de l'intervalle [t, t+1[, soit et en particulier quand s = 1:

$$N_{t+1} = N_t \times e^{-(M_t+F_t)}$$

D'où on déduit l'équation suivante, par récurrence (en remplaçant Nt par N_{t-1}, puis N_{t-2}, … etc.) :

$$N_t = R \times e^{-\sum_{i=tr}^{t-1}(M_i+F_i)}$$

où : R : recrutement.

De cette équation, on déduit également une expression de l'effectif moyen du groupe d'âge t.

L'effectif moyen du groupe d'âge se calcule quant à lui par intégration (Rappel : la moyenne d'une fonction quelconque sur un intervalle est égale à l'intégral divisée par la largeur de l'intervalle, ici égale à 1). Soit :

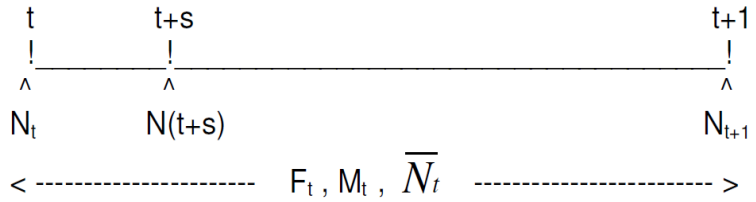
$$\overline{N_t} = \int_{s=0}^{1} N_t \times e^{-(M_t+F_t)\times s} \times ds = N_t \times \left[\frac{e^{-(M_t+F_t)\times s}}{-(M_t+F_t)} \right]_{s=0}^{1}$$

D'où l'équation suivante :

$$\overline{N}_t = N_t \times \frac{1 - e^{-(M_t + F_t)}}{M_t + F_t}$$

Les notations entre parenthèses se réfèrent à des fonctions ; $N_{(t+s)}$ est ainsi la fonction « effectif de la cohorte » au cours de l'âge t, exprimée en fonction de s la fraction d'âge écoulée depuis t. Dans ces modèles, t représente donc un âge discret (groupe d'âge entier, correspondant à l'âge exact en début d'intervalle) et t+s un âge continu.

Les notations en indice se réfèrent quant à elles à des valeurs. Pour les effectifs N_t et N_{t+1} ces valeurs correspondent au début de l'intervalle, exprimées aux âges exacts t et t+1. La notation $\overline{N_t}$ se réfère quant à elle à une moyenne sur l'intervalle. Enfin, les mortalités M_t et F_t sont des coefficients valides sur l'ensemble du groupe d'âge t.



A partir de cette démonstration le VIT donne comme sorties, les effectifs de chaque classe de taille selon les deux composantes, effectifs initiaux N_i (début de l'intervalle de classe) et effectifs moyens $\overline{N}_i$.

2.3.2. Modèle de capture

L'analyse des cohortes repose fondamentalement sur l'utilisation de l'ensemble des captures subies par une cohorte donnée pour remonter à son abondance initiale (Laurec, 1993 *in* Shin, 2000). L'équation des captures, en fonction de l'effectif du stock et de l'intensité de pêche, est utilisée (Shin, 2000) :

$$C_i = \frac{F_i}{M_i + F_i} * N_i \left(1 - e^{-(Mi+Fi)\Delta ti}\right)$$

Etant donné la valeur des effectifs d'un groupe d'âge (on utilise en général la mortalité par pêche de la classe terminale), il est dès lors possible, pour chaque cohorte (ou pseudocohorte) considérée isolément, de déduire de la connaissance des captures passées par groupe d'âge C_i et de la mortalité naturelle M_i (considérée constante pour l'ensemble des groupes d'âges), les effectifs passés du stock par âge N_i (ou N_t) et les coefficients de mortalité par pêche par âge F_i. On reconstitue ainsi, à partir du nombre des captures et de la mortalité naturelle, l'histoire de la pseudocohorte, c'est à dire l'évolution de ses effectifs en fonction de l'âge (ou classe de taille).

2.3.3. Calcul de l'abondance numérique

D'après Sparre et Venema (1998), le principe de la méthode consiste à analyser ce que l'on peut observer, la capture, de manière à estimer la population qui devrait se trouver en mer pour produire cette capture. Si cette dernière représente une faible fraction du stock (c'est à dire si F est faible) l'estimation de la taille du stock devient plus incertaine. En conséquence, plus la mortalité par pêche est élevée, plus la VPA est fiable.

Si l'on admet une certaine valeur, F_{ulime}, pour la dernière classe d'âge, il est possible d'évaluer tous les paramètres dans ce dernier âge. Ainsi, on connaîtra le nombre de survivants au début et à la fin du dernier âge (Bouaziz, 2007).

D'après Lleonart et Salat (1997), le nombre au début et à la fin de la dernière classe d'âge, est aussi le nombre à la fin de la classe précédente.

Soit N_{i+1} le nombre des survivants à la fin de l'avant-dernière classe.

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

où

C_i : capture en nombre de chaque âge i ;

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

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

Δt_i : intervalle de temps.

Comme pour toute population, un stock peut être mesuré par le nombre d'individus qui le compose, c'est l'effectif. Pour estimer N_i, le nombre de survivants au début de la classe, on peut utiliser l'expression suivante :

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

En répétant ce processus pour toutes les classes antérieures, on obtiendra successivement les paramètres à tous les âges, jusqu'au premier âge. Se rappeler que N_i est aussi le nombre de survivants de la classe (i -1) antérieure.

Quand la cohorte est complètement pêchée, le nombre à la fin de la dernière classe est zéro et la capture C doit être calculée par :

$$C_{i+1} = \frac{F_{Term.}}{Z} * N_{i+1}$$

2.4. Calcul des valeurs moyennes

Afin de décrire le diagramme d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba par la VPA, Le VIT (Lleonart et Salat, 1997) calcule les valeurs moyennes des paramètres les plus révélateurs de l'état du stock, à savoir : l'âge, la longueur et le poids moyens, et qui seront à la base de la majorité des calculs, grâce aux équations suivantes :

a. Âge moyen

$$\bar{t}_i = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} t dN}{\int_{t_i}^{t_{i+1}} dN} = \frac{e^{-Z t_i}\left(t_i + \frac{1}{Z}\right) - e^{-Z t_{i+1}}\left(t_{i+1} + \frac{1}{Z}\right)}{e^{-Z t_i} - e^{-Z t_{i+1}}}$$

b. Longueur moyenne

$$\bar{l}_i = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} l dN}{\int_{t_i}^{t_{i+1}} dN} = \frac{L_\infty}{e^{-Z t_i} - e^{-Z t_{i+1}}}\left(e^{-Z t_i}\,\frac{1 - Z_i e^{-K(t_i - t_0)}}{Z_i + K} - e^{-Z t_{i+1}}\,\frac{1 - Z_i e^{-K(t_{i+1} - t_0)}}{Z_i + K}\right)$$

c. Poids moyen

$$\overline{W_i} = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} w dN}{\int_{t_i}^{t_{i+1}} dN} = \frac{a L_\infty^b}{\mu_i - \mu_{i+1}} \int_{\mu_{i+1}}^{\mu_i} \left(1 - e^{Kt_0}\,\mu^{\frac{K}{Z}}\right)^b d\mu$$

Où :

$\mu = e^{tZ}$ $\quad \mu_i = e^{t_i Z}$, et $\quad \mu_{i+1} = e^{t_{i+1} Z}$ avec: t_i & $t < t_{i+1}$

A chaque effectif moyen correspondra un poids moyen, ceci permet de calculer la biomasse du stock. Et en ne comptant que les individus ayant atteint la taille de se reproduire, la VPA peut déterminer la biomasse des reproducteurs ou biomasse féconde (BF).

2.5. Equations de calcul des taux instantanés de mortalités (Z et F)

Dans la pratique et à l'échelle d'une année, il est impossible de maîtriser tous les phénomènes qui concourent à toutes les mortalités ; il est donc plus réaliste d'un point de vue de la crédibilité de la modélisation mathématique de circonscrire ces phénomènes dans une fraction de temps (t) de l'année et définir un taux de mortalité instantanée Z_t tel que $Z_t = F_t + M$.

Ricker (1980) lève l'équivoque sur le concept de taux instantané. Il explique en substance que pour une population de poissons qui vivent pendant une période d'un an, cette période est en faite la somme de n portions égales de temps.

Dans ce sens et en plus des équations données ci-dessus, le logiciel VIT (Lleonart et Salat, 1997) calcule la mortalité moyenne totale ($\overline{Z}$), et ce pour l'option « no plus group », selon la formule suivante :

$$\overline{Z} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^{n} \Delta t_i}$$

En outre, la mortalité moyenne par pêche ($\overline{F}$) peut être obtenue par la formule ci-dessus en substituant Z par F.

Enfin, le logiciel VIT (Lleonart et Salat, 1997) calcule la mortalité par pêche globale (F*) (à ne pas confondre avec la mortalité moyenne par pêche). Le calcul de cette autre mortalité est basé sur le concept suivant :

L'équation de capture peut être réécrite comme une fonction de l'effectif moyen annuel,

$$C_i = F_i \overline{N_i}$$

Où la mortalité par pêche par classe indique la proportion d'individus capturés pour chaque classe. L'interprétation de cette mortalité par pêche peut être étendue aux pseudocohortes, tout en considérant que la capture totale est :

$$\sum_{i=1}^{n} C_i = \sum_{i=1}^{n} F_i \overline{N_i}$$

On peut définir la mortalité globale par pêche F* comme :

$$\sum_{i=1}^{n} C_i = F^* \sum_{i=1}^{n} \overline{N_i}$$

Où :

$$F^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{\sum_{i=1}^{n} \overline{N_i}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i \overline{N_i}}{\sum_{i=1}^{n} \overline{N_i}}$$

F^* est une valeur globale qui lie la capture annuelle totale au nombre moyen d'individus de la population. Notons que ceci équivaut à une mortalité moyenne par pêche pondérée par le nombre d'individus.

2.6. Equation de la biomasse

La biomasse de la cohorte à un âge donné dépend de son effectif et du poids moyen des animaux. Le modèle de biomasse en fonction de l'âge de la cohorte s'exprime donc comme suit :

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

Où :

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

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

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

Il est possible d'obtenir les âges et les tailles critiques (taille et âge auxquels la cohorte atteint sa biomasse maximale), et ce pour le niveau actuel d'exploitation (stock actuel) comme pour l'état vierge (stock vierge). Pour le premier cas, il suffit de localiser la classe présentant la biomasse maximale. Pour le stock vierge, l'âge critique s'obtient par l'équation suivante :

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

Où : t_{cri} correspond à l'âge critique du stock vierge.

Enfin, pour trouver la taille critique du stock vierge, il suffit d'introduire l'âge critique dans l'équation de von Bertalanffy (Lleonart et Salat, 1997).

A ce niveau le VIT en combinant les données des poids moyens avec les nombres moyens respectifs est apte à calculer la biomasse. Et en ajoutant les taux de maturité sexuelle, qui sont une des données d'entrée (input), le VIT calcule la biomasse féconde du stock. Sachant que, La « Biomasse Féconde (BF ou SSB : Spawning Stock Biomass) » est le poids total des poisons dans un stock qui ont atteints l'âge de maturité sexuelle. La biomasse des femelles est souvent la plus utilisée par les groupes d'experts (CIEM) pour le calcule de la BF, mais aussi la biomasse de tout les poisons au-delà de l'âge ou de la classe de taille où 50% des individus sont matures peut être utilisée (Gascuel, 2008).

Pour cette étude, le VIT calcule la BF (SSB) selon l'équation générale suivante :

$$BF = \sum \Theta \, B_t$$

où:

Θ = Taux des individus sexuellement mâture par âge ; et

B_t = Biomasse moyenne calculée (g) à l'âge t.

La biomasse féconde est considérée ces dernières années dans plusieurs pays tels que les Etats-Unis d'Amérique, le Canada, l'Australie et la Nouvelle Zélande comme un Point de Référence Biologique (PRB) de gestion obligatoire des pêcheries pour prévenir la surexploitation de recrutement. Ce point de référence est calculé sur la base de la disponibilité de données de biomasse et de recrutement sur plusieurs années permettant un suivi pluriannuel de l'évolution du régime d'exploitation et la fixation des points de références biologiques appropriés (F_{pa} et F_{lim}).

2.7. Modèle de rendement par recrue

Le rendement par recrue est la capture pondérale cumulée sur toute la durée de vie de la cohorte, rapportée à l'effectif du recrutement. Il est généralement exprimé en grammes/recrue ou en tonnes/recrues. Il exprime la contribution moyenne de chaque recrue à la capture totale effectuée sur la cohorte (Gascuel, 2008).

Une raison majeure qui a poussé les halieutes à étudier la croissance des poissons, et à la décrire par la courbe de Von Bertalanffy, est l'utilisation du modèle de rendement par recrue, Y/R, de Beverton et Holt (1957) pour l'évaluation des stocks (Cadima, 2002).

Le programme VIT (Lleonart et Salat, 1997) emploie l'équation ci-dessous qui dérive de l'équation de capture par classes, exprimée en fonction du nombre moyen annuel des individus par classes.

$$Y/R = \frac{1}{Ni}\sum_{i=1}^{n} Ci\overline{Wi} = \frac{1}{Ni}\sum_{i=1}^{n} \overline{Ni}\,\overline{Wi}Fi$$

Où :

$$\overline{Ni} = \int_{i}^{ti+1} Ndt = \frac{Ni(1-e^{-Zi\Delta ti})}{Zi}$$

Notons que pour chaque classe i de l'équation ci-dessus, le nombre moyen des individus, $\overline{Ni}$, le poids moyen de chaque classe i, $\overline{Wi}$, et les différentes mortalités par pêche, Fi, pour chaque classe i sont calculés par la VPA.

Ceci permet d'exprimer le rendement par recrue Y/R en fonction de ce facteur de l'effort de pêche Φ.

$$Y/R(\Phi) = \frac{1}{Ni}\sum_{i=1}^{n} \overline{Ni}\,\overline{Wi}Fi(\Phi)$$

Le nombre moyen des individus, $\overline{Ni}$, et le poids moyen de chaque classe i, $\overline{Wi}$, sont recalculés avec une nouvelle VPA.

Le modèle de rendement par recrue permet donc d'estimer le poids des captures tirées en moyenne de chaque poisson recruté, en fonction de l'effort de pêche développé. Pour un effort nul, le rendement par recrue est évidemment nul ; il est ensuite croissant, passe par un maximum, puis diminue généralement et tend vers une valeur asymptotique. Lorsque l'effort de pêche augmente, et pour un nombre de recrue donné, le nombre de poissons capturés augmente, mais la taille et le poids moyen des animaux capturés diminue (Fig.28). La valeur asymptotique correspond ainsi à la capture d'un nombre maximal de poisson mais de poids individuels faibles (Gascuel, 2008).

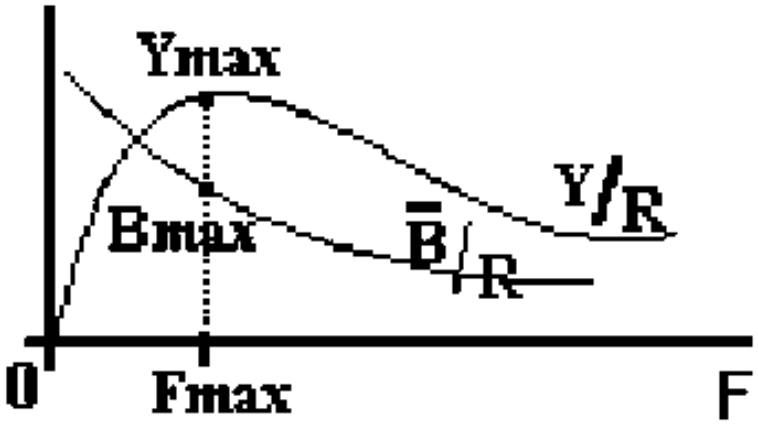


Figure 28. Courbe à long terme de Y/R et $\bar{B}/R$ contre F, pour un régime d'exploitation donné (Cadima, 2000).

2.8. Modèle de biomasse par recrue

Le modèle de biomasse par recrue de Beverton et Holt (1957), exprime la biomasse annuelle des survivants en fonction de la mortalité par pêche (ou de l'effort). A la valeur de F_{max} correspondront des valeurs de $\bar{B}_{max}/R$ et Y_{max}/R (Fig. 33).

Selon Sparre et Venema (1998), la production par an est :

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

Où :

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

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

D'ou

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

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

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

Où :

S = $e^{[-K*(T_c - t_0)]}$;

K= paramètre de croissance de von Bertalanffy ;

t_0 = paramètre de croissance de von Bertalanffy ;

T_c = âge à la première capture ;

T_r = âge au recrutement ;

W_∞ = poids corporel asymptotique ;

M = mortalité naturelle ; et

Z = mortalité totale.

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

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

La biomasse par recrue est parfois exprimée en valeur brute, en gramme, ou en gramme par recrue (ou en tonnes par million de recrues, ce qui est équivalent). Souvent cependant, on recourt à la notion de « biomasse relative par recrue », exprimée en pourcentage relativement à la situation d'un stock à l'état vierge. On considère alors le ratio : $[(B/R)/(B/R)_v]$

où : $(B/R)_v$ appelée aussi $(B/R)_0$ est la biomasse par recrue à l'état vierge (calculée pour F=0) (Gascuel, 2008).

2.9. Modèle de biomasse féconde par recrue (BF/R)

Par définition, et par analogie au modèle de biomasse par recrue, la biomasse féconde par recrue (BF/R) est le ratio entre la biomasse féconde cumulée sur toute la durée de vie d'une cohorte et le recrutement (Gascuel, 2008). Elle mesure la contribution moyenne de chaque recrue au potentiel reproducteur du stock et permet donc de contourner l'absence de données sur le recrutement et d'établir de se fait un diagnostic par analogie des effets de la pêche sur le stock des géniteurs. Cette démarche est considérée comme une première étape vers le diagnostic de l'état du stock dans le contexte de la surexploitation de recrutement. Combiner les deux analyses du Y/R et du BF/R permet une meilleur vision et une lecture plus fine du régime d'exploitation de la pêcherie étudiée selon une APV basée sur les longueurs.

L'estimation du rendement par recrues et de la biomasse féconde basée sur les longueurs est possible quand des données composées de la croissance, la maturité sexuelle selon les longueurs sont disponibles (Gallucci *et al*., 1996).

Il est donc possible d'analyser l'impact de la pêche sur le potentiel reproducteur du stock, en recourant à une modélisation de la phase recrutée. A partir d'un recrutement donné (que celui-ci soit ou non dépendant de l'abondance des géniteurs dont il est issu), on quantifie le potentiel reproducteur qui en est issu, potentiel qui s'exprime en fonction des caractéristiques du régime d'exploitation (effort de pêche, âge de première capture,…). C'est l'objet des modèles de biomasse féconde par recrue.

2.9.1. Calcul de la biomasse féconde par recrue

Les modèles de biomasses fécondes par recrue permettent de quantifier l'impact de la pêche sur le potentiel reproducteur du stock. Ils ne posent guère de difficultés théoriques et sont d'un usage courant (Gascuel, 2008).

Pour rappel, la biomasse féconde (BF ou SSB) d'une cohorte à l'âge t est égale à :

$$BF = \sum \Theta B$$

Cette équation est détaillée comme suit (Gascuel, 2008) :

$$BF(t) = \sum_{t=tf}^{T} \overline{N}t \times \overline{W}t \times \overline{SR}t \times \overline{\theta}t$$

où :

$\overline{N}(t)$: l'effectif moyen de la cohorte à l'âge t ;

$\overline{W}(t)$: le poids individuel moyen des animaux d'âge t ;

$\overline{SR}(t)$: le sex-ratio, qui exprime la proportion des femelles au sein de la cohorte, à l'âge t, En outre, on considère souvent que le sex-ratio est constant avec l'âge, pour tous les animaux féconds.

Dans la mesure où on s'intéresse aux variations relatives de la biomasse féconde, et non à la valeur absolue, il est alors possible de négliger le terme de sex-ratio dans les modèles (Gascuel, 2008). Ceci est d'autant plus vrai si on s'intéresse à la biomasse féconde globale à sexes confondus.

$\overline{\Theta_t}$: est un coefficient de fécondité à l'âge t. Le coefficient de fécondité est généralement exprimé en pourcentage des matures à l'âge t. La biomasse féconde correspond alors à la biomasse totale des matures.

avec : t_f l'âge de première maturité sexuelle (fécondité).

Donc et par analogie au modèle de biomasse par recrue, la biomasse féconde par recrue (BF/R) est le ratio entre la biomasse féconde cumulée sur toute la durée de vie d'une cohorte et le recrutement. Elle mesure la contribution moyenne de chaque recrue au potentiel reproducteur du stock et s'exprime comme suit :

$$BF/R = \frac{1}{R} \times \sum_{t=tf}^{T} \overline{N}t \times \overline{W}t \times \overline{SR}t \times \overline{\theta}t$$

2.9.2. Calcul de la biomasse féconde relative par recrue

En pratique, on raisonne en termes de biomasse féconde relative par recrue (BF').C'est le ratio entre la biomasse féconde par recrue (BF/R) correspondant à un régime d'exploitation donné et la biomasse féconde par recrue calculée à l'état vierge (BF/R_v pour F=0). Cette biomasse féconde relative par recrue est donc fonction de l'effort de pêche (E) et du diagramme d'exploitation (D), soit :

$$BF' = \frac{BF/R}{(BF/R)_v} = \varphi(E, D)$$

Par définition, la biomasse féconde relative par recrue est égale à 1 ou à 100%, lorsque l'effort de pêche est nul. En quelques sortes, on considère ainsi que le potentiel reproducteur du stock à l'état vierge est égal à l'unité (Gascuel, 2008).

2.10. Méthode de calcul du $F_{0.1}$

Le $F_{0.1}$ est un point de référence biologique de gestion issu de l'approche de précaution appliquée depuis les années 1970 en réponse à l'échec des approches de maximisation des captures préalablement utilisés. Pour cette raison et quelques autres, il est actuellement et généralement accepté de limiter F au point où la pente de la courbe du rendement par recrue est égale au $1/10^{ème}$ de sa valeur à l'origine (Gulland et Boerema 1973). Le concept, du $F_{0.1}$, peut être envisagé comme un substitut du REM (Rendement Économique Maximal), applicable dans les situations où les données économiques sur la performance d'une pêcherie ne sont pas disponibles. Un concept analogue à $F_{0.1}$, mais appliqué à E est $E_{0,1}$, est aussi utilisé dans certain cas .

La modélisation mathématique considère, la capture par recrue à long terme (LT), Y/R, comme fonction du coefficient de mortalité par pêche, F. À chaque niveau de pêche, « F », ou unité d'effort appliquée, correspond une valeur de la tangente « tia(Y/R) ». La tia(Y/R) est maximum quand F = 0 et décroît, étant zéro quand $F = F_{max}$. Le point $F_{0.1}$ est la valeur de F où la tangente « tia(Y/R) » est égale à 10% de la tia(Y/R) maximum (Fig. 29).

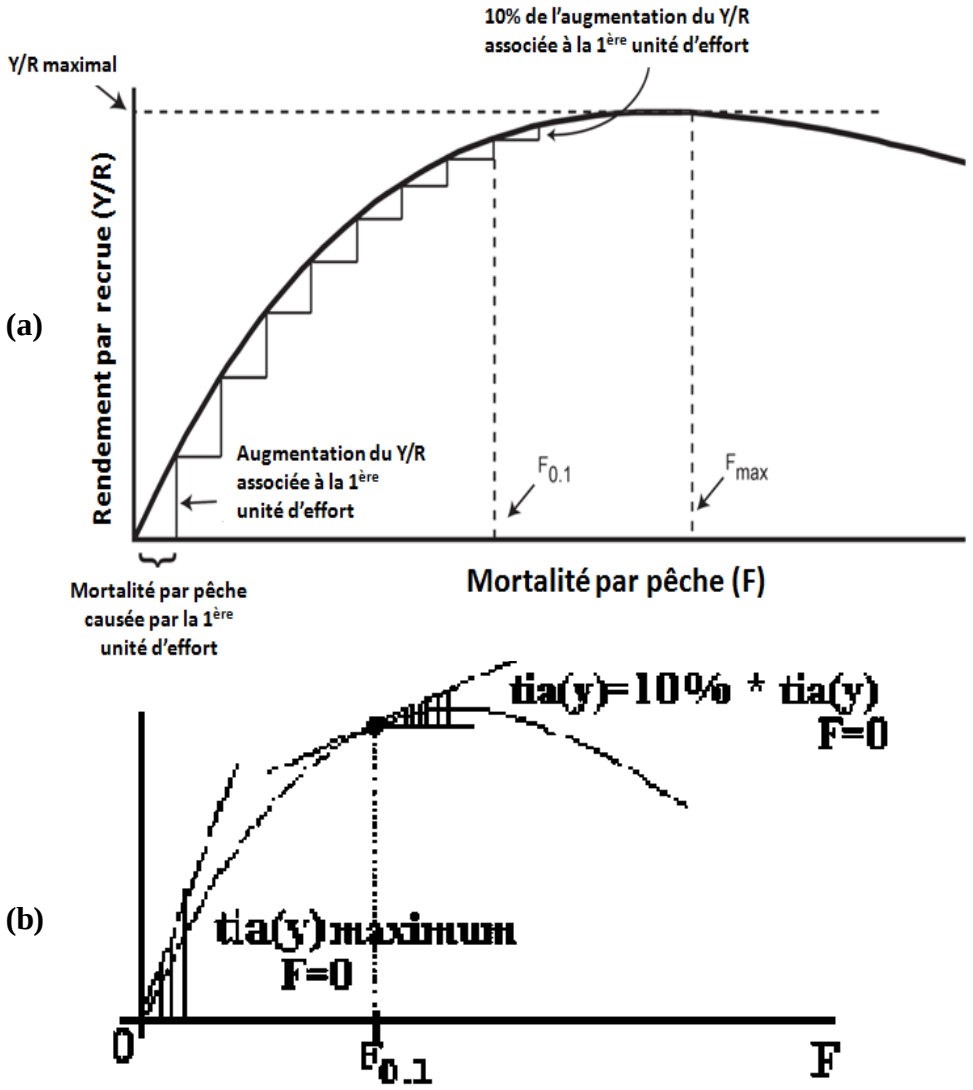


Figure 29. Diagramme de Y/R montrant le point-cible de référence $F_{0.1}$ ((a) Cooper, 2006 et (b) Cadima, 2000).

Pour F = 0, la biomasse par recrue, $\overline{B/R}$ sera $\overline{B}_0$, aussi désignée par "Biomasse vierge" ou Biomasse non exploitée.

donc, pour :

$$Y = F \,.\, \overline{B} \quad \text{on aura} \quad \frac{dY}{dF} = \overline{B} + F\,\frac{d\overline{B}}{dF}$$

Par conséquent, à partir de la :

$$F = 0 \quad \text{on aura} \quad tia\,(Y) = \left(\frac{dY}{dF}\right)_{F=0} = \overline{B}_0$$

Selon Caddy et Mahon (1996) on peut aussi conclure que, $F_{0.1}$ est la valeur de F où la tia(Y) = 10% de la biomasse vierge.

Cooper (2006) note que, dans le monde réel, la pêche à un niveau égal à F_{max} (le rendement par recrue maximal) peut conduire à des niveaux de capture non durables. Pour y remédier, les chercheurs ont mis au point le $F_{0.1}$, une mesure plus prudente basée sur les analyses du rendement par recrue. Cette analyse est fondée sur «des unités de l'effort de pêche». Si les pêcheurs appliquent une «unité unique de l'effort de pêche» à une des valeurs préalablement non exploitées, le résultat sera un rendement par recrue spécifique. A chaque augmentation supplémentaire dans les unités de l'effort de pêche, le rendement par recrue va augmenter, mais il le fera par une marge de plus en plus petite. Finalement, l'augmentation de l'effort de pêche conduira effectivement à une diminution du rendement par recrue, lorsque la mortalité par pêche sera supérieure à F_{max}. En d'autres termes, l'augmentation de la pression de pêche va augmenter le rendement, jusqu'à un certain point. Au-delà de ce point, même si, en augmente la pression de pêche, ceci se traduira par le prélèvement de plus de poisson que le nombre de jeunes poissons entrant dans la pêcherie (recrues). Passé ce point (F_{max}), le rendement par recrue va diminuer (Fig. 29). $F_{0.1}$ utilisé comme seuil critique, entraîne un taux de mortalité par pêche qui est inférieur à F_{max}. Ce point de référence s'est avéré être assez conservateur.

Selon le principe de précaution et depuis les années 1970, le $F_{0.1}$ commença à être préféré à F_{max} (et au F_{MSY}) comme point cible de gestion des ressources halieutiques (Gulland et Boerema, 1973). Ensuite, depuis les années 80, et à ce jour, le $F_{0.1}$ est adopté comme objectif à long terme par plusieurs commissions internationales pour les pêches et par la CEE, selon le principe de limiter la mortalité par pêche (F) au $F_{0.1}$ (Cadima, 2002).

Selon les recommandations de la FAO (1996), cette valeur de $F_{0.1}$ est acceptable comme point cible de gestion du fait qu'elle est à l'origine d'une exploitation soutenable à long terme des stocks, avec la meilleure capture. Au Etats-Unis, le F_{MSY} longtemps perçu comme un point de référence cible est aujourd'hui considéré comme une limite à éviter et a été remplacé par le $F_{0.1}$ (Gabriel et Mace, 1999).

Le programme VIT (Lleonart et Salat, 1997) en utilisant ces équations du rendement par recrues, intègre le traitement des données et nous donne comme résultat les valeurs de F_{max} et $F_{0.1}$ et le Y/R (rendement par recrue), B/R (biomasse par recrue) et B/F (biomasse féconde par recrue) correspondants. Ceci permet de tracer les diagrammes du régime d'exploitation en fonction des différents types d'exploitation.

2.11. Conversion des longueurs en âges « Slicing »

Le programme VIT (Lleonart et Salat, 1997) en utilisant les équations des courbes de croissance moyennes, répartie proportionnellement les classes de tailles en classes d'âges. Ainsi, la démographie (composition en nombre d'individus par classe d'âge des captures échantillonnées peut donc être reconstituée.

La conversion des longueurs en âges est effectuée en superposant l'axe des abscisses de l'histogramme de la fréquence de longueurs à l'axe correspondant des âges. Les âges sont calculés selon l'équation de von Bertalanffy (1938) et les fréquences de longueurs sont divisées en intervalle d'âge proportionnellement. Ceci est la procédure connue sous le nom de « Slicing » (Lleonart et Salat, 1997).

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

En effet, Pauly (1997) explique que, toute longueur peut être convertie en un âge lorsque la loi de croissance est connue. Si elle obéit à l'équation de von Bertalanffy et à toute longueur L_1 correspond un âge t_1 tel que :

$$t_1 = t_0 (1-L_1/L_\infty)/K$$

A toute longueur L_2 correspondra aussi un âge t_2 exprimé de la même façon et ainsi de suite.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Captures en nombre et en poids

Afin de procéder à l'analyse de la pseudocohorte représentant le stock de *S.aurita* du golfe de Annaba durant l'année 2006, il est nécessaire de disposer des données de captures ventilées par classes de tailles. Cette étape indispensable est préalable à l'analyse par VPA et elle permet de reconstituer le stock exploité selon les paramètres biologiques et dynamiques définis.

3.1.1. Captures en nombre

La distribution des captures en nombre de *S.aurita* du golfe de Annaba durant l'année 2006 est très instructive et représentative de l'état d'exploitation qui a sévit durant cette année.

Tableau 25. Captures en nombre d'individus en fonction de la taille.

C C (cm)	Captures totales (en nombres)
8.5	25092.91
9.5	100371.64
10.5	1856875.39
11.5	3638472.04
12.5	3989772.79
13.5	5294604.14
14.5	4190516.07
15.5	3864308.23
16.5	3462821.66
17.5	4115237.34
18.5	4491631.00
19.5	4065051.52
20.5	2484198.15
21.5	1129180.98
22.5	677508.59
23.5	501858.21
24.5	200743.28
25.5	100371.64
26.5	75278.73
Total	**44263894.32**
Age moyen (an)	**2.26**
Longueur moyenne (cm)	**15.97**

Le traitement des données au VIT donne la fréquence en nombre des individus par classes de tailles au sein de la capture totale. Le nombre total d'individus capturés est de l'ordre de 44.263.894 individus. Le VIT calcule également la longueur moyenne représentative de la capture et qui de l'ordre de 15.97 cm correspondant à un âge moyen de 2.26 ans. Ces deux indicateurs étant supérieurs à l'âge et la taille de première maturité sexuelle (1.7 ans et 13.78 cm), nous rassurent sur le diagramme d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba durant l'année 2006.

Gascuel (2008) note que, lorsqu'on examine une capture on s'aperçoit que les poissons les plus âgés sont les moins nombreux car leurs congénères issus de toutes les classes d'âges ont été touchés année après année par la mortalité naturelle et par la mortalité par pêche. La pêche entraîne une diminution de la moyenne d'âge de la population. En effet, la pêche diminue le nombre d'individus de toutes les classes d'âge qui sont constamment remplacés par de nouvelles recrues.

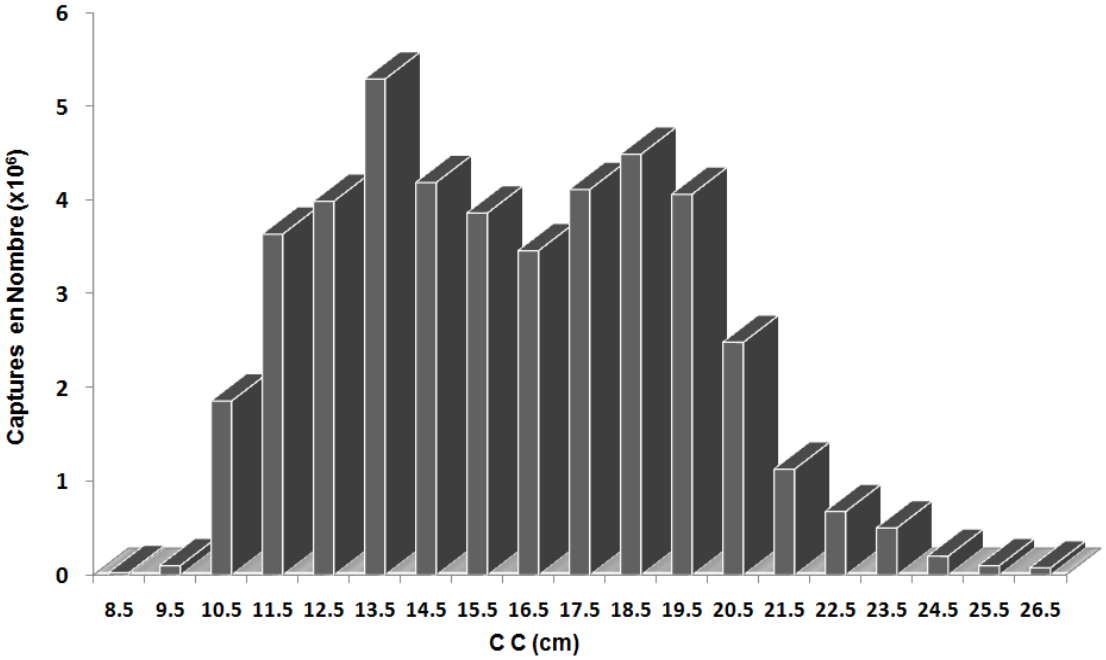


Figure 30. Evolution des captures en nombre et en fonction de la taille.

La distribution numérale des captures (Tabl. 25 et Fig. 30) montre, qu'à partir de la classe de taille de 11cm un grand nombre de poissons sont déjà exploités. La gamme des classes de tailles les plus représentatives en nombre de poissons capturés, s'étend de 11 à 19 cm. La classe de taille de 13 cm représente la classe de taille critique, représentant 11.96% de l'effectif global du stock. Ceci est du à une forte exploitation qui touche cette gamme de taille. Il est nécessaire de faire attention à cet état de fait car cette gamme de taille est celle qui représente la taille de première maturité sexuelle. Les poissons de grandes tailles sont, par contre, les moins représentés dans les captures. Ceci s'explique par le fait qu'année après année, les poissons les plus âgés sont touchés par la mortalité naturelle et par la mortalité par pêche diminuant ainsi leurs effectifs.

Les classes de tailles les plus petites (de 8 à 13 cm) représentent quant à elles 33.67% de l'ensemble des captures. Les classes de tailles les plus grandes (de 21 à 26 cm) représentent 6.07% et les classes intermédiaires (de 14 à 20 cm) 60,26 %. Et si on considère l a gamme des tailles inférieures à la taille règlementaire actuellement en vigueur et qui est de 15 cm (JORADP N°18, 2004), cette gamme de taille s'avère représentée 43.14 % de la capture totale.

Néanmoins, la taille moyenne des captures et qui est de l'ordre de 15.97 cm, et étant supérieure à la taille de première maturité sexuelle (13.78 cm), définie un diagramme d'exploitation acceptable et rassurant et ce en dépit de la forte capture numérale des individus de 13 cm de long et qui correspond à la classe de taille de première maturité sexuelle estimée.

Gascuel (2008) explique que, La mortalité par pêche en s'ajoutant à la mortalité naturelle accélère la décroissance des effectifs. Quels que soient les âges sur lesquels elle porte, elle entraîne donc une diminution du nombre des vieux individus.

3.1.2. Captures en poids

A partir des paramètres d'entrée, les captures de *S.aurita* du golfe de Annaba, exprimées en poids pour chaque classe de tailles sont présentées dans le tableau 26. La capture totale, 1302.3 tonnes, enregistrée durant l'année 2006 est une donnée d'entrée (Input data).

Tableau 26. Captures en poids en fonction de la taille.

CC (cm)	Captures totales (poids en g)
8.5	95722.77
9.5	536479.85
10.5	13442425.66
11.5	34703903.59
12.5	49007309.81
13.5	82123120.14
14.5	80748610.45
15.5	91165373.49
16.5	98759526.89
17.5	140253588.81
18.5	181091917.13
19.5	192164448.04
20.5	136692742.28
21.5	71835648.34
22.5	49467982.61
23.5	41768994.22
24.5	18950829.85
25.5	10670581.80
26.5	8820794.27
Total	**1302300000.00**

La courbe représentative des captures pondérales se présente sous la forme d'une cloche ou le poids augmente au fur et à mesure des classes de tailles, jusqu'à atteindre un maximum au niveau de la classe de taille de 19 cm. Cette gamme de taille est la plus importante en poids. Les deux gammes des juvéniles (moins de 13 cm) et des adultes de grandes tailles (plus de 20 cm) sont faiblement représentés dans les captures pondérales. Ce type de représentation est dicté par la loi de croissance individuelle selon la taille, définie lors de l'étude des paramètres biologiques (Tabl. 26 et Fig. 31).

A noter que le poids de la classe de taille de 13 cm rompt le schéma évolutif global, puisque le poids de cette classe de taille est supérieur à la classe suivante (14 cm). Cet état de fait, montre clairement une importante exploitation des poissons de cette classe de taille, qui correspond en fait à la taille de première maturité sexuelle de *S.aurita* du golfe de Annaba.

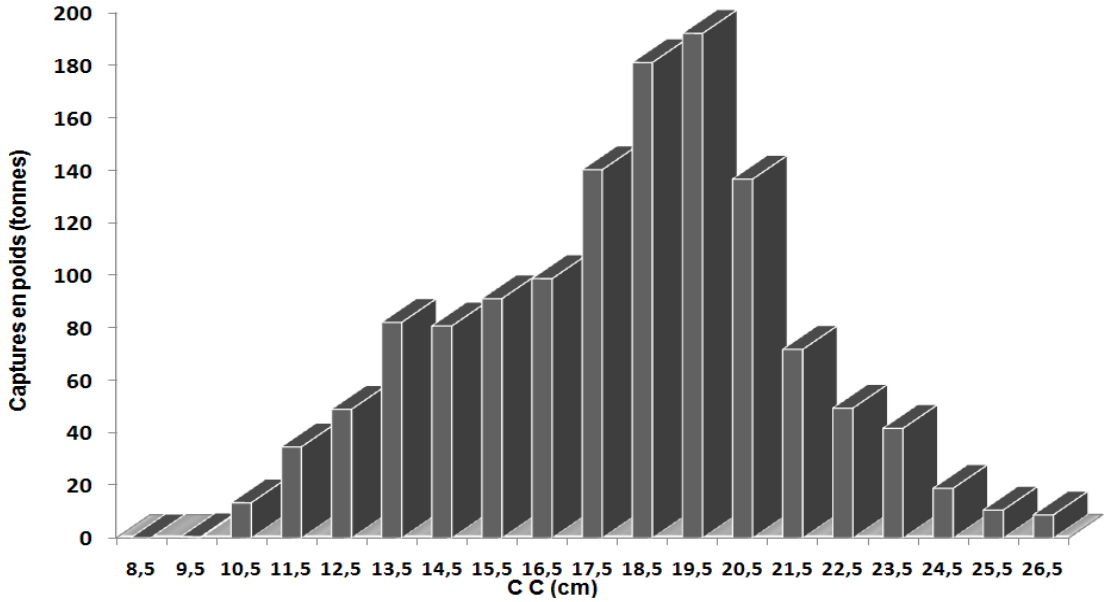


Figure 31. Evolution des captures en poids et en fonction de la taille.

Pour ce qui est des tailles les plus représentatives des captures en poids. Il apparait, que la gamme des quatre classes de tailles allant de 17 à 20 cm où le poids des captures dépasse la barre des 100 tonnes, représente la gamme de tailles la plus influente sur le rendement pondérale, avec 49.93% de la capture totale. Cette gamme de tailles est donc la plus intéressante du point de vue du rendement pondérale d'autant plus qu'elle est supérieure à la classe de tailles de première maturité sexuelle.

La répartition des captures en poids et par classe de taille nous renseigne sur l'état actuel de l'exploitation et sur les gammes de tailles les plus vulnérables et/ou les plus ciblées par le régime d'exploitation actuel. La gamme de tailles des petits individus de 8 à 13 cm représente 13.82%, celle des intermédiaires (de 14 à 16 cm) 20.78 % et celle des grands individus (de 21 à 26 cm) est de l'ordre de 15.47%. Et si on s'intéresse à la gamme en dessous de la taille minimale marchande (< 15 cm) de 8 à 14 cm, il s'avère qu'elle est de l'ordre de 20%.

3.2. Etat du stock des survivants (Stock actuel)

3.2.1. Effectifs du stock actuel

Lorsqu'une cohorte vieillit, son effectif diminue. Même en l'absence de pêche, cette décroissance est très généralement continue, car la mortalité naturelle intervient à tous les âges chez les organismes marins (en liaison notamment avec la prédation). La mortalité par pêche s'ajoute à la mortalité naturelle et accélère la décroissance des effectifs (Gascuel, 2008).

Tableau 27. Stock des survivants en nombre (VPA).

CC (cm)	Nombre initial	Nombre moyen
8.5	244815471.8	29893174.93
9.5	219082248.4	28154468.95
10.5	194769033.5	26295991.22
11.5	170297605.6	24192782.38
12.5	145853340.8	21944354.79
13.5	122991422.8	19570330.78
14.5	100866334.2	17208644.06
15.5	81876384.27	14994574.72
16.5	65116741.77	12873505.85
17.5	50582705.08	10732460.68
18.5	37237551.56	8486485.73
19.5	25447542.83	6282532.18
20.5	15979513.63	4442665.54
21.5	9674623.12	3143190.89
22.5	5842297.97	2208165.21
23.5	3265767.31	1435586.88
24.5	1529304.38	842960.28
25.5	603615.25	418525.55
26.5	143311.64	78415.35
Total		**233198816**
Âge moyen du stock (an)		**1.692**
Longueur moyenne du stock (cm)		**13.075**

L’évolution numérique (effectif) du stock des survivants (nombres moyens) évolue en diminuant depuis la première classe de tailles (8.5 cm) considérée par le logiciel VIT, comme classe de tailles des recrues. Le recrutement du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba (R) est représenté par le nombre initial de la première classe de taille et qui est de l’ordre de 244815471 individus. Au sens étroit du terme, le recrutement correspond à l'arrivée des jeunes animaux, issus de la reproduction, sur les zones de pêche. Le recrutement est aussi défini comme étant le processus par lequel les poissons acquièrent une propriété qui les rend exploitables. Enfin, le terme recrutement est aussi utilisé dans un second sens, pour désigner non plus le processus mais l'ensemble des individus recrutés à une date donnée.

A ce processus de recrutement, quel qu'en soit sa nature, est généralement associée une taille et un âge de recrutement. C'est évidemment un paramètre important dans de nombreux modèles de dynamique des populations (Sparre et Venema, 1998).

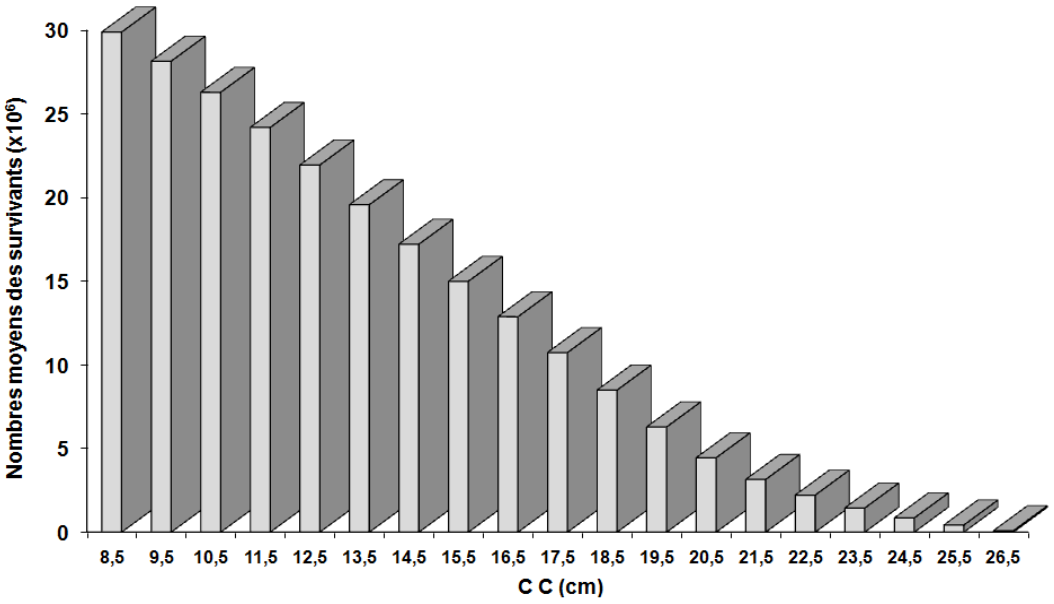


Figure 32. Evolution de la biomasse (en nombre) en fonction de la taille.

Jones (1983) signale que dans n'importe quel groupe d'âge (ou classe de tailles), le déclin en nombre dans le stock avec le temps, suit une courbe exponentielle.

La VPA nous renseigne sur l'âge et la taille moyens du stock actuel et qui sont de l'ordre de 1.692 ans et 13.075cm. Ces deux indicateurs sont très importants et doivent être suivi à travers le temps pour interpréter l'impact de l'exploitation sur la structure démographique du stock exploité de *S.aurita* du golfe de Annaba.

Quels que soient les âges sur lesquels l'exploitation porte, elle entraîne généralement, une diminution du nombre des vieux individus. Quand les prélèvements s'accroissent l'abondance décroît ainsi que l'âge ou la taille moyenne du poisson et ainsi que l'âge de première maturité. Ces changements reflètent simplement la pression de la pêche et les réponses compensatoires de la ressource (MacCall, 1985 *in* Csirke et Sharp, 1985).

Selon Gascuel (2008), la pêche diminue l'abondance des vieux poissons qui peuvent représenter des biomasses importantes; elle a donc un impact sur l'abondance du stock, indépendamment des problèmes de renouvellement du stock. Même à recrutement constant, la pêche peut ainsi induire de très fortes baisses de biomasse, par changement des structures démographiques. L'utilisation du recrutement disponible est donc un enjeu important de la gestion des pêches.

3.2.2. Stock actuel en poids

Les résultats de la composition pondérale du stock actuel de *S.aurita* du golfe de Annaba (Tabl. 28), sont très utiles car ils permettent de cerner la biomasse moyenne du stock de *S.aurita*, et celle du stock reproducteur disponible en mer.

Tableau 28. Stock des survivants en poids (VPA).

CC (cm)	Poids initial (g)	poids moyen (g)
8.5	775386903.4	114034494.5
9.5	992403193.6	150483790.1
10.5	1215100303	190363828.4
11.5	1419226591	230751804.2
12.5	1583292763	269547628.6
13.5	1702656145	303549913.1
14.5	1748942092	331599753.2
15.5	1750717693	353746627.3
16.5	1693953128	367151840.4
17.5	1581969455.7	365778690.8
18.5	1385451120	342154992.5
19.5	1115813249	296989921
20.5	818813328.6	244457204.5
21.5	574947901.7	199961883.9
22.5	399904257.6	161228182.8
23.5	255862490.5	119481994.1
24.5	136354007	79578237.86
25.5	60924808.44	44493753.8
26.5	16295312.88	9188327.37
Total		**4174542868**
BF(SSB)		**2869257874**

A l'instar des résultats de la structure en effectif du stock survivant, le VIT (Lleonart et Salat, 1997) nous renseigne sur la composition pondérale de ce stock, ventilée par classe de tailles (Tabl. 28). Le poids initial et le poids moyen de chaque classe sont représentés selon une structure similaire à celle de la présentation en nombre.

De ce fait, le poids initial de la première classe de tailles (8 cm) et qui est de l'ordre de 775.39 tonnes, représente la biomasse des recrues.

Selon la description du stock actuel de *S.aurita* du golfe de Annaba par poids, donnée par la VPA, la biomasse moyenne des survivants (B_{moy}) et qui est de l'ordre de 4175 tonnes représente la somme des poids moyens.

La moyenne annuelle totale de la Biomasse Féconde (BF) (stock reproducteur ou SSB (Spawning Stock Biomass) est aussi calculée en prenant compte des taux de maturité sexuelle introduits comme données d'entrée dans la modélisation. Elle est égale à 2869 tonnes soit, 68.73 % de la biomasse moyenne.

Ces valeurs divisées par le recrutement (effectif de la première classe du tableau 27) sont égales à la biomasse moyenne par recrues qui est égale à 17.052 et à la biomasse moyenne du stock reproducteur par recrue de l'ordre de 11.72 et qui correspondent à une capture par recrue de l'ordre de 5.32. Ces rendements moyens par recrues sont donnés pour un facteur d'effort conventionnel ou d'équilibre, égale à 1 (f = 1).

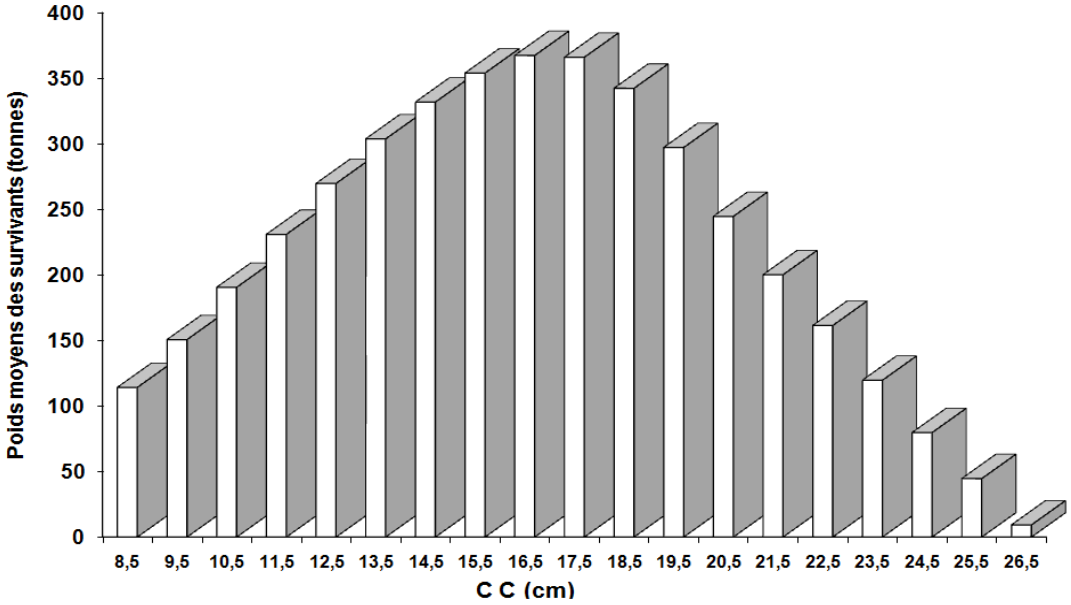


Figure 33. Evolution de la biomasse (en poids moyens) en fonction de la taille.

Selon Gascuel (2008), lorsqu'une cohorte vieillit, le poids individuel moyen des animaux augmente. Chez les animaux aquatiques, cette croissance est très généralement continue sur toute la durée de vie de l'animal, même si elle est plus rapide en début de phase exploitable que chez les individus âgés. La courbe de croissance du modèle de von Bertalanffy rend bien compte de cette dynamique de croissance. Au sein d'une cohorte, les gains de poids liés à la croissance pondérale sont généralement supérieurs aux pertes liées à la mortalité naturelle, chez les poissons jeunes. Ceci n'est plus vrai pour les vieux dont la croissance est plus lente.

L'évolution de la composition en poids du stock actuel (survivant) de *S.aurita* du golfe de Annaba suit la logique de la définition suscitée (Gascuel, 2008). Effectivement, le poids exprimés en poids augmente au fur et à mesure de la croissance des sardinelles. Arriver à une certaine taille 16 cm (pour les poids moyens), cette tendance s'inverse et les poids diminuent chez les poissons de grandes tailles (Fig. 33).

Arrivés à un certain âge, les poissons ne grandissent pratiquement plus et les effectifs continuent à diminuer, alors le phénomène s'inverse. Au fur et à mesure que la classe d'âge vieillit, sa biomasse diminue. L'âge auquel la courbe commence à s'inverser est appelé âge critique. C'est l'âge pour lequel la biomasse de la cohorte est la plus grande. Il est propre à chaque stock. On peut en déduire que si tous les poissons étaient pêchés à l'âge critique, la production serait maximale (Ifremer, 2006).

Ces résultats montrent que le pourcentage des poids moyens des différentes gammes de tailles diffère. La gamme des poissons juvéniles (8 à 13 cm) et on se basant sur le repère limitatif de la taille de première maturité sexuelle (13.78 cm), représente 30 % (1259 tonnes), la gamme des poissons à tailles moyennes (14 à 20 cm) représente 55 % (2302 tonnes), la gamme de poissons à grandes tailles (vieux) représente seulement 15% (614 tonnes). On remarque que la gamme du stock à préserver incontestablement est de l'ordre de 30% et les 70% restants représentent les sardinelles matures et qui peuvent être sujettes

à l'exploitation. La faiblesse de la gamme des vieux poissons avec 15% seulement est une des conséquences de l'exploitation du stock.

Gascuel, (2008) précise, que la pêche diminue l'abondance des vieux poissons qui peuvent représenter des biomasses importantes ; elle a donc un impact sur l'abondance du stock, indépendamment des problèmes de renouvellement du stock même à recrutement constant, la pêche peut ainsi induire de très fortes baisses de biomasse, par changement des structures démographiques.

3.3. Taux instantanés de mortalités (Z et F)

Les taux instantanés de mortalités sont parmi les résultats les plus révélateurs de la VPA. C'est la proportion des individus qui meurent chaque année à cause de la pêche. Les méthodes d'évaluation analytiques selon les longueurs calculent la proportion de cette mortalité subie par chaque classe de taille. Or le taux de mortalité par pêche peut varier d'une classe de tailles à l'autre selon les modalités de l'exploitation. On parle en général de mortalité moyenne calculée sur quelques tailles représentatives. Un stock évolue en fonction de la mortalité naturelle bien sur, mais aussi en fonction de la pêche. On considère que la mortalité naturelle est stable, par contre la mortalité par pêche peut varier beaucoup car l'effort de pêche sur une pêcherie n'est pas toujours le même.

Tableau 29. Mortalités par pêche en fonction de la taille obtenues par VPA.

C C (cm)	**Z (an^{-1})**	**F total (an^{-1})**
8.5	0.861	0.001
9.5	0.864	0.004
10.5	0.931	0.071
11.5	1.01	0.15
12.5	1.042	0.182
13.5	1.131	0.271
14.5	1.104	0.244
15.5	1.118	0.258
16.5	1.129	0.269
17.5	1.243	0.383
18.5	1.389	0.529
19.5	1.507	0.647
20.5	1.419	0.559
21.5	1.219	0.359
22.5	1.167	0.307
23.5	1.21	0.35
24.5	1.098	0.238
25.5	1.1	0.24
26.5	1.82	0.96
Taux moyens de mortalités (an^{-1})	**1.374**	**0.514**
F^{*} global (an^{-1})		**0.19**

Le stock de *S.aurita* du golfe de Annaba subit une mortalité par pêche presque nulle sur les gammes de tailles comprises entre 8.5 à 10.5 cm entre 0.001 et 0.071 an^{-1}. Ceci est, naturellement, lié à une faible capturabilité de cette gamme de taille décrite par de petites prises en poids. Ensuite, une augmentation importante de F s'observe avec un premier pic de 0.271 an^{-1}, qui correspond à la classe de tailles de 13 cm, dû aux importantes captures numériques notées pour cette classe de taille. La mortalité par pêche de cette classe de tailles est supérieure aux 3 classes 14, 15 et 16 cm. Par contre, les classes de 17 à 19 cm subissent les plus fortes mortalités par pêche avec une valeur maximale de 0.647 an^{-1} pour la classe 19 cm. A partir de cette longueur la mortalité par pêche diminue progressivement jusqu'à atteindre des valeurs faibles pour les plus grandes (Fig. 34). La valeur de la mortalité moyenne par pêche ($\overline{F}$), estimée à 0.514 an^{-1}, demeure largement supérieure à la valeur globale de la mortalité par pêche (F^*) qui est de 0.19 an^{-1}. Ceci s'expliquerait par le fait que, F^* relie la capture annuelle totale au nombre moyen d'individus de la population (Tabl. 29).

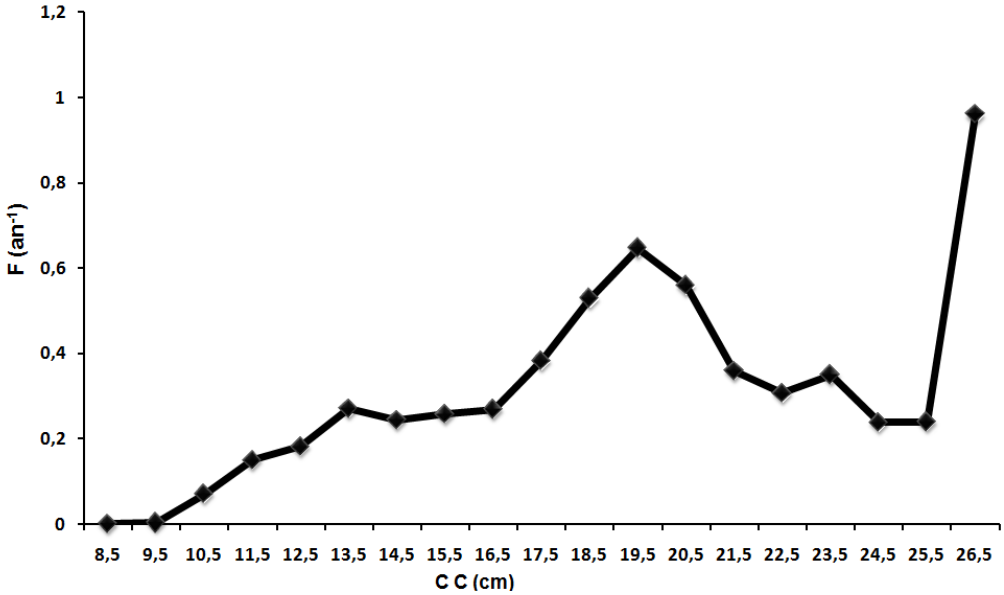


Figure 34. Variation du taux de mortalité par pêche selon la VPA.

Cette évolution des taux instantanés de mortalités nous renseigne sur les classes de tailles les plus atteintes par la pêche. Les résultats obtenus nous rassurent sur l'état des juvéniles qui restent à l'abri d'une forte exploitation. En outre, l'effort de pêche le plus important est exercé sur les gammes de tailles supérieures à la taille de première maturité sexuelles (13.78 cm) permettant au stock de bénéficier d'un bon renouvellement par recrutement.

Gascuel (2008) rapporte que, les coefficients F_t correspondant aux jeunes âges peuvent éventuellement être nuls, traduisant ainsi une situation dans laquelle les premiers groupes d'âge recrutés seraient épargnés par la pêche (échappement, taille minimale de capture,…)

La mortalité par pêche la plus élevée 0.647 an^{-1}, affecte la classe de tailles de 19 cm qui constitue donc, la gamme de tailles la plus vulnérable à l'engin et aux techniques de pêche utilisés. Cette classe correspond à la taille où l'ensemble des individus sont matures. Cet état de fait permet ainsi, un bon apport par reproduction pour le renouvèlement du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba et épargne la gamme des juvéniles d'une exploitation excessive. Il est remarquable enfin, que les plus grands individus sont peu exploités, ce qui reflète la faiblesse du poids des captures totales.

Farrugio (1981) signale que, l'efficacité de l'engin de pêche et la disponibilité du poisson, liées au comportement des espèces pélagiques (accessibilité et vulnérabilité) dans la phase exploitée, et donc la capturabilité ; doivent être en grande partie à l'origine des fluctuations des mortalités par pêche.

Les valeurs « globales » de F (F_{glob}) expriment la relation entre les captures totales annuelles et les nombres moyens annuels d'individus dans le stock. Les F_{glob} sont calculées en pondérant les moyennes arithmétiques des F/âge par les nombres d'individus correspondants (Farrugio *et al*, 1994).

Cette valeur globale qui relie la capture annuelle totale au nombre moyen des individus dans une population, équivaut à une mortalité par pêche moyenne pondérée par le nombre des individus. Cependant, il n'y a aucun problème avec la classe supérieure. Il est important de signaler que cette valeur ne peut pas être appliquée à l'équation de survie parce que cette équation requis une mortalité moyenne. Cette valeur globale est prise en considération et est souvent utilisée par les groupes de travail de l'ICES (Shepherd, 1983 ; *in* Lleonart et Salat, 1997)

Les taux de mortalités par pêche spécifiques aux âges reflètent les effets du patron de la sélection par pêche (ou d'exploitation), selon lequel la vulnérabilité de la cohorte change par âge. Ceci pourrait refléter le changement des éléments de disponibilité de la ressource ou de sa vulnérabilité à l'engin de pêche. A la première capture, la mortalité par pêche est égale à 0, et au niveau ou au dessus de l'âge de première capture, la cohorte est complètement vulnérable aux mêmes taux de mortalités par pêche (Gabriel et Mace, 1999).

A noter enfin, que les résultats des taux instantanés de mortalité par pêche sont des indicateurs très pertinents pour la gestion des pêches car ils indiquent les effets de l'engin et de la stratégie de pêche exercés sur la ressource et quelles sont les gammes de tailles les plus vulnérables et les plus ciblées. Cette pertinence est plus importante dans les études d'interaction pluri-métiers quand plusieurs engins exploitent la même ressource. Cette approche nécessite un échantillonnage stratifié des captures et l'élaboration de la distribution de fréquence des tailles de chaque type de métier.

3.4. Âges moyen et critique

Les âges et tailles critiques sont les deux paramètres pour lesquels une cohorte atteint sa biomasse maximale. Laurec et Le Guen (1981), définissent le temps critique (t_{cri}), représenté par une longueur critique et un âge critique, par le temps équivalant à la biomasse maximale du stock ou de la cohorte.

Les résultats de la VPA du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba donnent, l'âge et la taille critiques du stock dans son état vierge, en l'absence d'exploitation et dans son état d'exploitation actuel. Les résultats sont résumés dans le tableau 30.

Tableau 30. Indicateurs des âges et tailles du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba données par la VPA.

	Âge Moyen (an)	**Taille moyenne (cm)**	**Age critique (an)**	**Taille critique (cm)**
Stock actuel	1.692	13.075	1.933	15
Stock vierge	-	-	2.138	16

L'âge et la taille critiques du stock actuel, 1.933 ans (t_{cri}) et 15 cm (L_{cri}) sont proches de l'âge et la taille critiques du stock vierge 2.138 ans et 16 cm ; ceci témoigne de la bonne santé du stock actuel de *S.aurita* et confirme le peu d'effets néfastes de l'exploitation.

A ce sujet, Alvaro (1995) préconise la capture de tout le poisson à l'âge critique (taille critique) auquel la cohorte atteint sa biomasse maximale.

Les captures issues du stock exploitable de *S.aurita* du golfe de Annaba, exprimées par l'âge et la longueur moyennes (2.26 ans et 15.97 cm) et qui sont légèrement supérieures à l'âge et la taille critiques du stock actuel (1.933 ans et 15 cm), placent l'exploitation dans une marge satisfaisante du point de vue rendement et dans la marge de sécurité, car préservant la gamme des juvéniles (> à 13.78 cm).

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

Le schéma idéal, qui permettrait d'obtenir le maximum des captures possibles, serait de ne capturer aucun individu avant l'âge critique. Ce diagramme d'exploitation idéal est hélas difficile à réaliser en pratique ; les modalités d'exploitation correspondantes restent à inventer. Il serait néanmoins possible de se rapprocher de cette situation idéale par une amélioration de la sélectivité des engins utilisés, par des changements d'engins, par des modifications de tactiques de pêche,…etc. (Ifremer, 2006).

Ces indicateurs de tailles et âges moyens sont très importants à surveiller et à comparer avec d'éventuels résultats dans les années à venir. En effet, la taille moyenne du stock constitue un des indicateurs de l'état d'exploitation les plus révélateurs. Si une diminution de la taille moyenne est observée, cela, peut être considéré comme un indicateur de l'augmentation de la pression de la pêche sur le stock.

3.5. Biomasse totale équilibrée

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 présentées 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).

Le Bilan de Biomasse (biomass balance) représente la quantité de biomasse renouvelée durant l'année 2006, ou biomasse totale équilibrée (D) et est égale à 4892.41 tonnes. Cette biomasse représente le bilan à l'équilibre entre les gains en poids, dus au recrutement et à la croissance, et les pertes, causées par les mortalités (naturelle et par pêche) (Tabl. 31).

Tableau 31. Indicateurs de la biomasse exploitable totale équilibrée (VPA).

		Biomasse (g)	**Pourcentage (%)**
Entrées	**Recrutement**	775386903,4	15.85
	Croissance	4117019963	84.15
Sorties	**Mortalité naturelle**	3590106867	73.38
	Biomasse capturée	1302300000	26.62
D	**Biomasse Totale Equilibrée**	**4892406866.69**	100

L'analyse de l'équation générale de la biomasse totale équilibrée (**D**) (Fig.35) montre que, le stock de *S.aurita* du golfe de Annaba est alimenté essentiellement par un régime de croissance (**G**) performant, représentant 84.15% des gains, soit une biomasse de 4117.02 tonnes. Ce taux élevé en apport de croissance et non seulement une des caractéristiques typiques des petits pélagiques, mais reflète en plus, l'existence de conditions environnementales favorables à la croissance ;

Un apport en recrues (**R**) de l'ordre de 15.85 % soit 775.39 tonnes. Ce faible apport en recrutement correspond à la proportion des recrues estimée par VPA et qui représente la biomasse de la première classe de taille de la cohorte et qui est considérée comme constante selon les hypothèses de la modélisation.

Les pertes subies par le stock de *S.aurita* du golfe de Annaba sont en majeure partie dus aux différentes formes de mortalités naturelles avec un taux de l'ordre de 73.38% (3590.11 tonnes).

Les pertes occasionnées par la pêche représentant la capture annuelle réalisée durant l'année 2006, qui constitue 26.62 % des pertes du stock exploité. Cet état de fait conforte le constat global de sous exploitation régissant la pêcherie du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba.

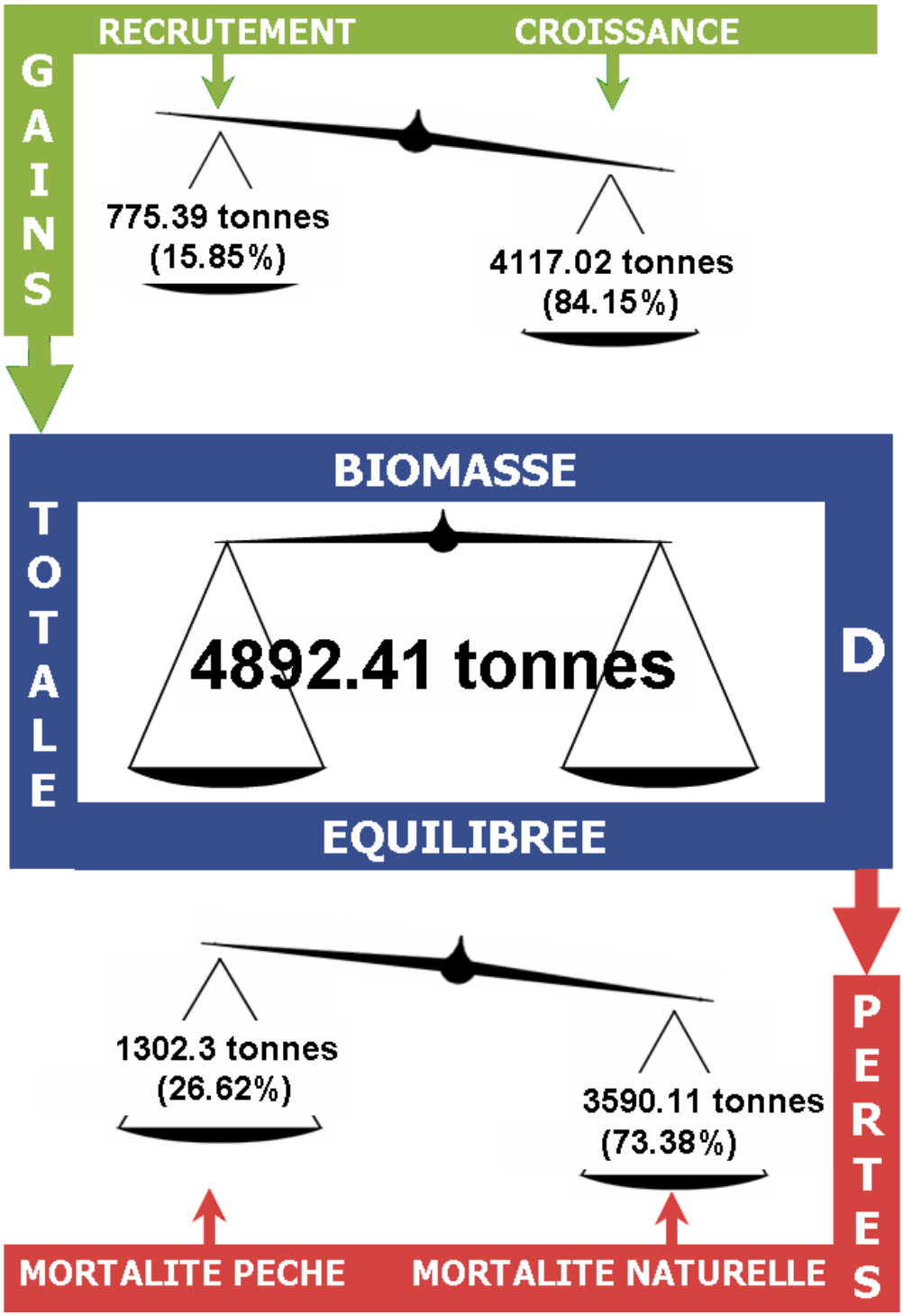


Figure 35. Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée (D) du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba.

En plus de l'équation de la biomasse totale équilibrée (**D**), le VIT nous renseigne sur la productivité du stock par l'intermédiaire de certains indicateurs exprimés sous forme de rapports ou ratios. A partir des valeurs obtenues de la biomasse de recrutement (**R**), la biomasse de la classe critique ($\mathbf{B_{max}}$) et la biomasse moyenne ($\mathbf{B_{moy}}$) ; le calcul des ces indicateurs est obtenus par des opérations simples (la règle de trois), réalisées à partir des résultats obtenus par la VPA et présentés sous forme de ratios. Ces indicateurs apparaissent dans le menu des résultats globaux comme résumé du diagnostic de l'état du stock exploité et complètent le diagramme d'exploitation.

- Le rapport $\mathbf{R/B_{moy}}$ de l'ordre de 18,57 %, représente la fraction du stock moyen composée des recrues. Le recrutement R est exprimé en nombre de poissons au début de la première classe d'âge représentée dans les matrices de données de captures (Farrugio *et al*, 1994).

- $\mathbf{B_{max}/B_{moy}}$ représente la perte pondérale qui en découlera pour le stock après un intervalle de temps égal à l'âge critique. Le rapport B_{max}/B_{moy} : 41.94 %, exprime la proportion de biomasse produite par une cohorte lorsqu'elle atteint son âge critique.

La classe critique représentant la plus importante fraction du stock est représentée par rapport à la biomasse totale équilibrée $\mathbf{B_{max}/D}$ et qui est de l'ordre de 35.78 %, reflète l'importance de cette classe de taille ou d'âge.

- Le rapport $\mathbf{D/B_{moy}}$ (turnover) :117.20 %, traduit l'importance du renouvellement annuel de la biomasse du stock. La population de *S.aurita* est jugée très résiliente, pour plusieurs raisons liés à la rapidité de sa croissance et de sa reproduction en plus de son caractère alimentaire opportuniste.

3.6. Analyse par recrues

L'analyse par recrues définie le régime d'exploitation en donnant les rendements par recrue (Y/R), les biomasses par recrue (B/R) et les biomasses fécondes par recrue (BF/R), correspondantes aux différents efforts de pêche possibles, F_0, F_{act}, $F_{0.1}$ et F_{max} ; qui définissent respectivement les différents scénarios d'exploitation : absence d'exploitation, exploitation actuelle, optimale et maximale (Tabl. 32).

3.6.1. Rendements et biomasses par recrues

Les valeurs des rendements par recrues calculés par VPA et issus de la combinaison des trois principes de base de l'analyse, à savoir : le processus de croissance, le processus de mortalité et le processus de capture sont données dans le tableau 32.

Tableau 32. Paramètres de rendement par recrue à différents stades d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba.

Type de F	F (an^{-1})	Y/R ($g.an^{-1}$)	B/R (g)	BF/R (g)
$\mathbf{F_0}$	0	0	28.282	22.607
$\mathbf{F_{actuel}}$	0.96	5.216	17.336	11.988
$\mathbf{F_{0.1}}$	1.86	6.753	12.876	7.792
$\mathbf{F_{max}}$	4.62	7.575	7.761	3.306

Le rendement actuel procuré par une recrue (Y/R_{act}), provoqué par une mortalité par pêche de 0.96 an^{-1}, est qui est de l'ordre de 5.216 g n'est pas le meilleure possible. L'Y/R_{max} décrit par le régime d'exploitation est égale à 7.575 $g.an^{-1}$, pour une mortalité par pêche de 4.62 ans^{-1} (Fig. 36). Cette valeur est dénommée, effort de maximisation du rendement par recrue. C'est à ce niveau d'effort que le recrutement disponible est utilisé au maximum, en termes de capture (Gascuel, 2008).

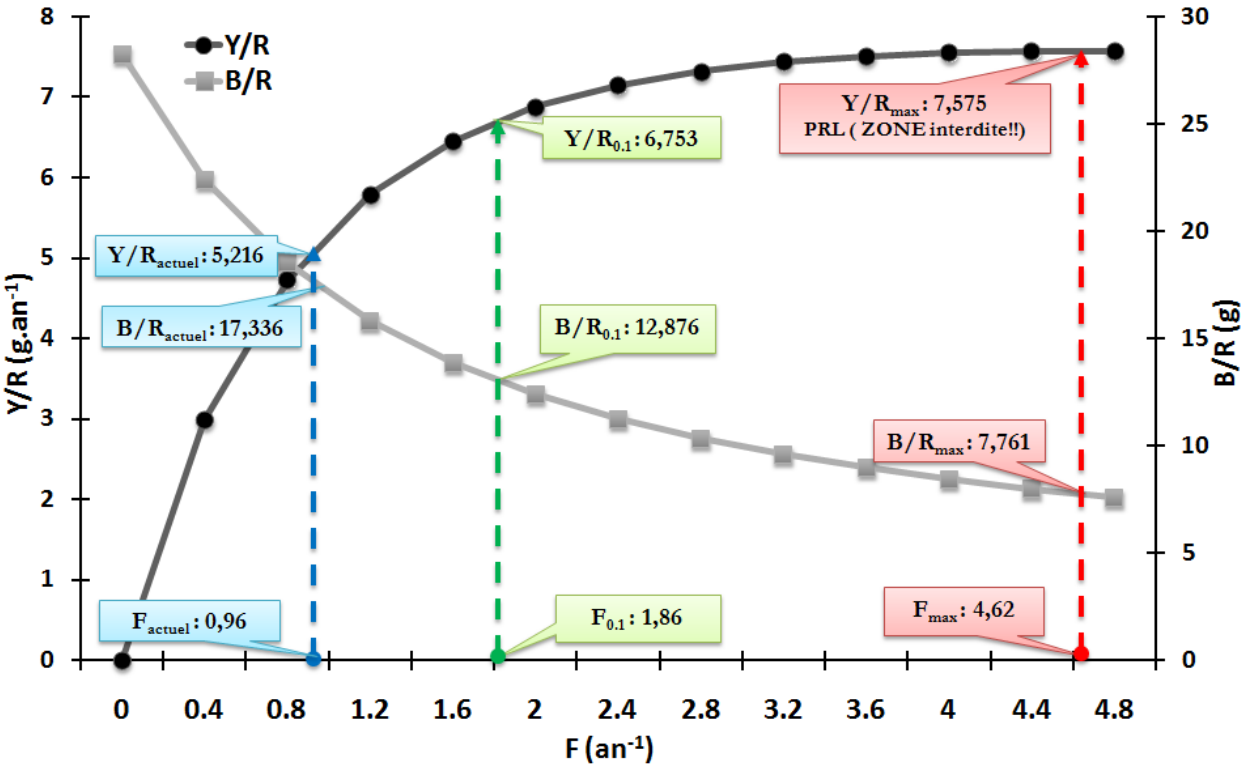


Figure 36. Courbe bidimensionnelle (régime d'exploitation) du rendement par recrue (Y/R) et biomasse par recrue (B/R) du stock de *S. aurita* du golfe de Annaba.

Gascuel (2008), note qu'à l'échelle d'une cohorte, si l'effort de pêche est faible on capture un petit nombre de poissons mais qui sont en moyenne de grande taille. Lorsque l'effort augmente, le nombre de poisson capturé augmente, mais leur taille et donc leur poids moyen diminue. Dans un premier temps ceci n'est pas grave et la capture pondérale moyenne augmente. Au delà de l'effort de maximisation en revanche, la capture pondérale diminue. Il y a alors surexploitation de croissance. Cette surexploitation de croissance peut induire des diminutions de capture très importantes.

L'intérêt du régime d'exploitation est qu'il décrit le mieux la situation d'exploitation par rapport à un niveau maximal (état de pleine exploitation), considéré comme seuil de référence pour différencier un état de sous exploitation d'un état de surexploitation.

Cet état des faits, place l'exploitation actuelle du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba en état de sous exploitation.

Mais la question pertinente qui se pose à ce niveau de l'analyse est : à quel niveau d'exploitation doit on, ou plutôt, peut on augmentait le taux d'exploitation pour permettre un meilleure rendement par recrue sans affectait dangereusement la biomasse exploitable disponible ?

Devant le diagnostic de l'état actuel de sous exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba, une augmentation de l'Y/R par des captures supplémentaires dues à une mortalité par pêche plus grande est donc envisageable. Se basant sur les principes de l'approche de précaution, l'augmentation de l'effort de pêche est limité au $F_{0.1}$ qui a été calculé par le VIT est qui est de l'ordre de 1.86 ans^{-1}. Cette préconisation semble représentée l'effort de pêche le plus raisonnable. En effet, la courbe ascendante illustre une légère augmentation du rendement quand F est augmenté au-delà de $F_{0.1} = 1.86\ an^{-1}$. Ce point de référence biologique cible est à même d'élever le Y/R à 6.753 $g.an^{-1}$, toute en évitant de s'approcher de la limite maximale, considérée comme dangereuse et représentée par un $F_{max} = 4.62\ an^{-1}$ pour un rendement par recrue de l'ordre de 7.58 $g.an^{-1}$.

Le régime d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba (Fig.36) et en l'absence de pêche (F = 0), donne une biomasse par recrue maximale (100%) et qui correspond à la B/R du stock à l'état vierge (B/R_v) et est de l'ordre de 28.282 g. Sous l'effet de l'exploitation actuelle ($F_{act} = 0.96\ an^{-1}$), la B/R_{act} diminue à une valeur de l'ordre 17.34 g (61% par rapport à l'état de non exploitation). A l'effort de pêche préconisé ou $F_{0.1}$, considéré comme valeur cible, la $B/R_{0.1}$ est de 12.88 g (46 % de la B/Rv) et enfin pour l'effort de maximisation F_{max}, la B/R_{max} est égale à 7.76 (27%) (Fig. 36).

Les résultats relatifs au rendement et à la biomasse par recrue, sont très sensibles à la vitesse de croissance utilisée. Les mêmes observations ont été signalées par le groupe de travail *Ad hoc* sur les sardinelles et autres espèces de petits pélagiques côtiers de la zone Nord du COPACE (FAO, 1994 ; *in* Bouaziz, 2007). L'analyse des rendements par recrues et des biomasses par recrues selon le diagramme d'exploitation spécifique à chaque stock exploité, est une analyse selon un contexte de surexploitation de croissance.

Enfin, le VIT (Lleonart et Salat, 1997) et suite à l'analyse des rendements par recrue nous donne la valeur de la biomasse vierge B_v ou B_0 et qui est de l'ordre de 6919 tonnes (6919102896 g); sachant que B_v est considérée comme un des Points de Référence Biologiques (PRBs). Il s'agit de 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 connu comme la Capacité de pêche (Caddy et Mahon, 1996).

3.6.2. Biomasse féconde par recrue

Le modèle de biomasse féconde par recrue calcule l'apport escompté à la biomasse reproductrice de la part de la recrue moyenne dans la pêcherie pendant sa vie. Pour un mode d'exploitation, un taux de croissance, un calendrier de maturité et une mortalité naturelle donnés, on peut calculer une valeur équilibrée de BF/R pour tout niveau de F. La biomasse féconde par recrue (BF/R) décroît de façon monotone selon l'accroissement de F (Fig. 37).

L'analyse de la biomasse féconde relative (BF') permet d'élaborer une analyse sur le comportement du stock reproducteur face aux différentes situations d'exploitation.

Sachant qu'en absence d'exploitation ou F = 0, la biomasse féconde relative vierge (BF'_v) et qui est de l'ordre de 100% est aussi appelée Potentiel Maximum de Reproduction (Maximum Spawning Potentiel ou MSP) (Gascuel, 2008).

Au niveau actuel d'exploitation ou $F= 0.96\ an^{-1}$, la biomasse féconde relative (BF'_{act}) est réduite à 53% du potentiel initial. Au niveau de l'exploitation ciblée ou $F_{0.1} = 1.86\ an^{-1}$,

le potentiel reproductif est réduit à 35 % et enfin à la situation limite d'exploitation ou F_{max} = 4.62 an^{-1}, la biomasse féconde relative (BF'_{max}) est de 15% seulement.

L'évolution de la biomasse des reproducteurs est un indicateur révélateur de l'état du stock. Une diminution de cette partie du stock est un signe de surexploitation qui pénalise le recrutement futur et son élévation est un indicateur de préservation du stock fécond.

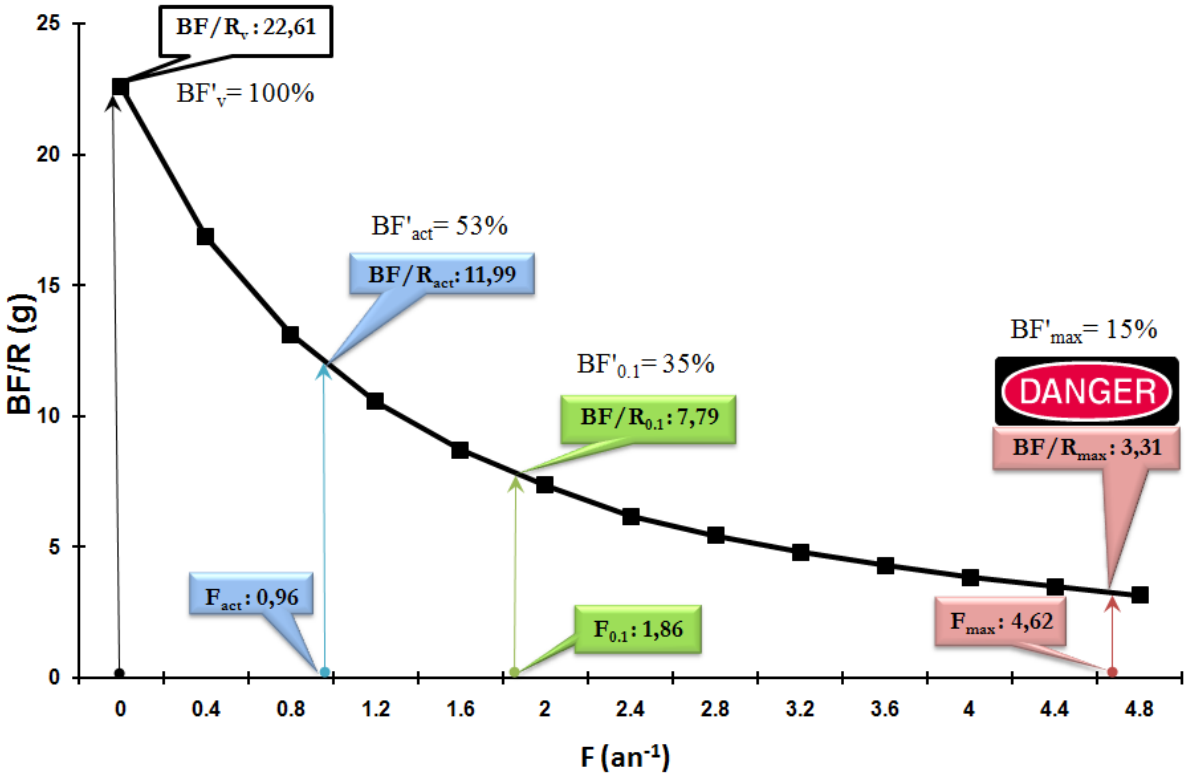


Figure 37. Biomasses fécondes par recrue et relatives du stock de *S. aurita* du golfe de Annaba selon le régime d'exploitation.

Les résultats issus de l'analyse de la biomasse féconde sont très instructifs et très utiles. En effet, ces résultats complètent ceux obtenus par l'analyse des rendements et biomasses par recrue (Y/R et B/R) préalablement effectuée, et permet de définir l'impact de l'évolution de l'exploitation sur le potentiel de reproduction en décrivant le degré de diminution de la biomasse du stock fécond.

Gabriel et Mace (1999) recommandent en se basant sur les résultats d'analyses du BF/R, que les taux de mortalité par pêche dans la gamme $F_{30\%BF}$ au $F_{40\%BF}$ doivent être utilisés à défaut comme une approximation du F_{MSY}. Ces mêmes auteurs recommandent aussi, que le $F_{30\%BF}$ soit utilisé pour les stocks qu'on pense qu'ils ont une relative résilience et $F_{40\%BF}$ pour les stocks qui ont un bas à moyen niveau de résilience. Ceci dit, le $F_{0.1}$ retenu à l'issu de l'analyse des Y/R du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba et qui correspond à $F_{35\%BF}$, se situe exactement dans la marge préconisée et nous rassure donc sur les impacts de son application sur le potentiel du stock reproducteur.

Cette recommandation rejoint celle du groupe d'experts de la FAO qui ont déterminé un point de référence limite issu d'une analyse de la biomasse féconde par recrue (BF/R) et qui a été fixé a $F_{30\%BF}$ (FAO, 2001).

Pauly (1985) explique que, la biomasse féconde représente le poids total des poissons sexuellement matures dans la population. Cette quantité dépend de l'abondance des classes annuelles, du mode d'exploitation, du taux de croissance, du taux de mortalité naturelle et par pêche, de l'arrivée au stade de maturité sexuelle et des conditions environnementales. De nombreux types d'analyses qui traitent du potentiel reproductif (frai) devraient utiliser une mesure de la reproduction plus viable (par exemple, la fécondité). Toutefois, en l'absence de cette information sur le cycle vital, on utilise la biomasse féconde comme indice approchant.

Les résultats des rendements de la biomasse féconde relative par recrues issus de cette partie de l'étude et en l'absence d'estimations directes de la biomasse féconde pour les différents scénarios d'exploitation, seront utilisés et par analogie, comme indicateurs d'abondance du stock géniteur (SSB).

3.7. Avis de gestion selon les résultats obtenus

Suite aux différentes analyses effectuées, l'étude d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba arrive à son terme par la proposition d'avis pour la gestion à partir des résultats estimés. Dans ce contexte, il est important de noter que, l'aménagement des pêcheries, ne formule pas les régulations selon les références biologiques, mais selon des objectifs de gestion, tels que le Totale Autorisé de Capture (TAC), la fermeture de zones de pêches ou la limitation de l'effort,...etc.

Cependant, il est nécessaire de calculer la mortalité par pêche et les paramètres d'exploitation qui résulteront de n'importe qu'elle décision prise par le système managérial, pour que l'aménageur puisse constater les implications biologiques et de là les exposés le plus explicitement possible aux professionnels.

Pendant longtemps l'effort de maximisation F_{MSY} a été considéré comme l'effort optimum, la gestion des pêches pouvait ainsi se résumer à la recherche du MSY et de l'effort de pêche correspondant. Cette vision assez simpliste est aujourd'hui très critiquée, et la valeur du F_{MSY} n'est plus considérée que comme un critère parmi d'autres, insuffisant pour définir un quelconque optimum (Gascuel, 2008).

Bouaziz (2007) note, que les modèles de rendement par recrue, bien qu'élégants et encore adaptés à la gestion de certains stocks, doivent être utilisés avec prudence et précaution. Les pêcheurs ne s'intéressent pas à un rendement par recrue imaginaire mais à un rendement physique de poissons qui résulte du rendement par recrue multiplié par le nombre absolu des recrues produites dans le stock. Le rendement est directement proportionnel au rendement par recrue pour une large gamme de mortalité par pêche seulement s'il peut être supposé qu'il n'y a aucune relation, pour une large gamme de F ou de E, entre l'effectif du stock parental et celui de sa progéniture (ce qui n'est pas vrai).

Le TAC (Totale Admissible de Captures) est un des outils de gestion des pêcheries les plus pertinents et les plus appliqués actuellement à travers le monde. Il est employé en particulier pour limiter les prises des ressources afin d'éviter tout risque de surexploitation. Les TACs une fois fixés pour chaque stock sont convertis en quotas répartis par la suite entre l'ensemble des pêcheurs.

Le calcul de la capture totale autorisée dans le cas de la présente étude est possible en multipliant le nombre de recrues (R), représenté par le nombre initial de la première classe

de taille et qui a été estimé par la VPA à 244815471 individus, par le $Y_{0.1}/R$: 6.753 ($g.an^{-1}$) (Lleonart et Salat, 1997). L'application de cette recommandation permettra, à long terme, la préservation du stock exploitable de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba et assurera une production acceptable.

Les résultats obtenus montrent que la pêcherie de la sardinelle du golfe de Annaba n'est pas à son meilleur niveau d'exploitation. Pour l'optimiser on préconise une élévation de l'effort actuel F_{act} : 0.96 an^{-1}, à un niveau équivalent au $F_{0.1}$: 1.86 an^{-1}, soit de multiplier le taux de mortalité par pêche actuel par un facteur élévateur de 1.94. Ceci permettra une meilleure exploitation du recrutement entrant et qui correspond à une capture totale de l'ordre de 1653 tonnes. Cette valeur est plus explicite pour les différents acteurs du secteur halieutique, notamment les pêcheurs et les gestionnaires. Le TAC considéré à la suite de l'analyse du régime d'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba, permettra donc, une élévation de l'ordre de 1.27 fois les captures actuelles, soit une élévation de l'ordre de 27%.

Les résultats obtenus lors de ce chapitre sont pertinents du fait qu'ils définissent la structure du stock ; cette pertinence prend de l'ampleur en comparant les résultats obtenus lors de cette étude avec d'éventuelles autres études qui seront réalisées dans le futur pour suivre l'évolution de l'état du stock. La capture maximale définie par le régime d'exploitation, représenté par le Y_{max}/R : 7,575 $g.an^{-1}$ et correspondant au F_{max} : 4,62 an^{-1} est de l'ordre de 1854 tonnes, soit une augmentation de l'ordre de 42% (augmentation de 552 tonnes par rapport aux captures actuelles et 201 tonnes par rapport aux captures dues au $F_{0.1}$ préconisé). Ce résultat montre la faible différence de gain en captures entre le $Y_{0.1}$ et le Y_{max}, et la grande diminution, en contre partie de l'abondance de la biomasse disponible qui est réduite à un très bat niveau en s'approchant de plus en plus du F_{max}. En effet la biomasse vierge (B_v) estimée, passe de 6900 tonnes, à 4200 tonnes (B_{act}) au niveau actuel d'exploitation, à 3100 tonnes ($B_{0.1}$) au $F_{0.1}$ (seuil préconisé ou cible), puis à 1900 tonnes (B_{max}) au F_{max} (seuil maximal ou limite). Cet état de fait est relaté par une diminution de la biomasse féconde relative de 53% (BF'_{act}) à 35% ($BF'_{0.1}$) correspondant au $F_{0.1,}$ à enfin un seuil de 15% (BF'_{max}) et représentant la biomasse féconde au F_{max}. Ce seuil est très dangereux pour la capacité de renouvellement du stock puisqu'il représente un faible taux de la biomasse féconde (BF_{max}) estimée à seulement 800 tonnes, devant une biomasse féconde au $F_{0.1}$ de l'ordre de 1900 tonnes, une biomasse féconde au niveau d'exploitation actuel (BF_{act}) de l'ordre de 2900 tonnes et une biomasse féconde en l'absence d'exploitation de l'ordre de 5500 tonnes.

Forest (2008) au sujet de la gestion des pêches en Europe explique que, les deux grandes orientations de la gestion actuelle sont la gestion durable et l'approche de précaution. Les décisions de gestion doivent être basées sur les meilleures données scientifiques disponibles. La précaution est accrue en cas d'incertitudes. En théorie, la structure de gestion doit intégrer les données des avis biologiques des pêches avec le contexte économique, social et politique pour prendre des décisions en termes de gestion. En pratique, il existe un flou dans la façon dont les décisions sont prises en fonction de la totalité de ces arguments.

Le $F_{0.1}$ est un point de référence biologique très pertinent pour la gestion, puisqu'il permet, dans le cas de cette étude, à la fois, d'améliorer le niveau des captures, tout en préservant l'abondance du stock et place sa capacité de renouvellement dans une marge de sécurité (Fig. 36, 37 et 38). Les recommandations issues de cette étude sans non seulement productivistes du fait qu'elles permettent l'augmentation des captures, mais du fait qu'elles assurent la sauvegarde de 35% du potentiel reproducteur maximal, sont aussi - et surtout - précautionneuses et protectionnistes.

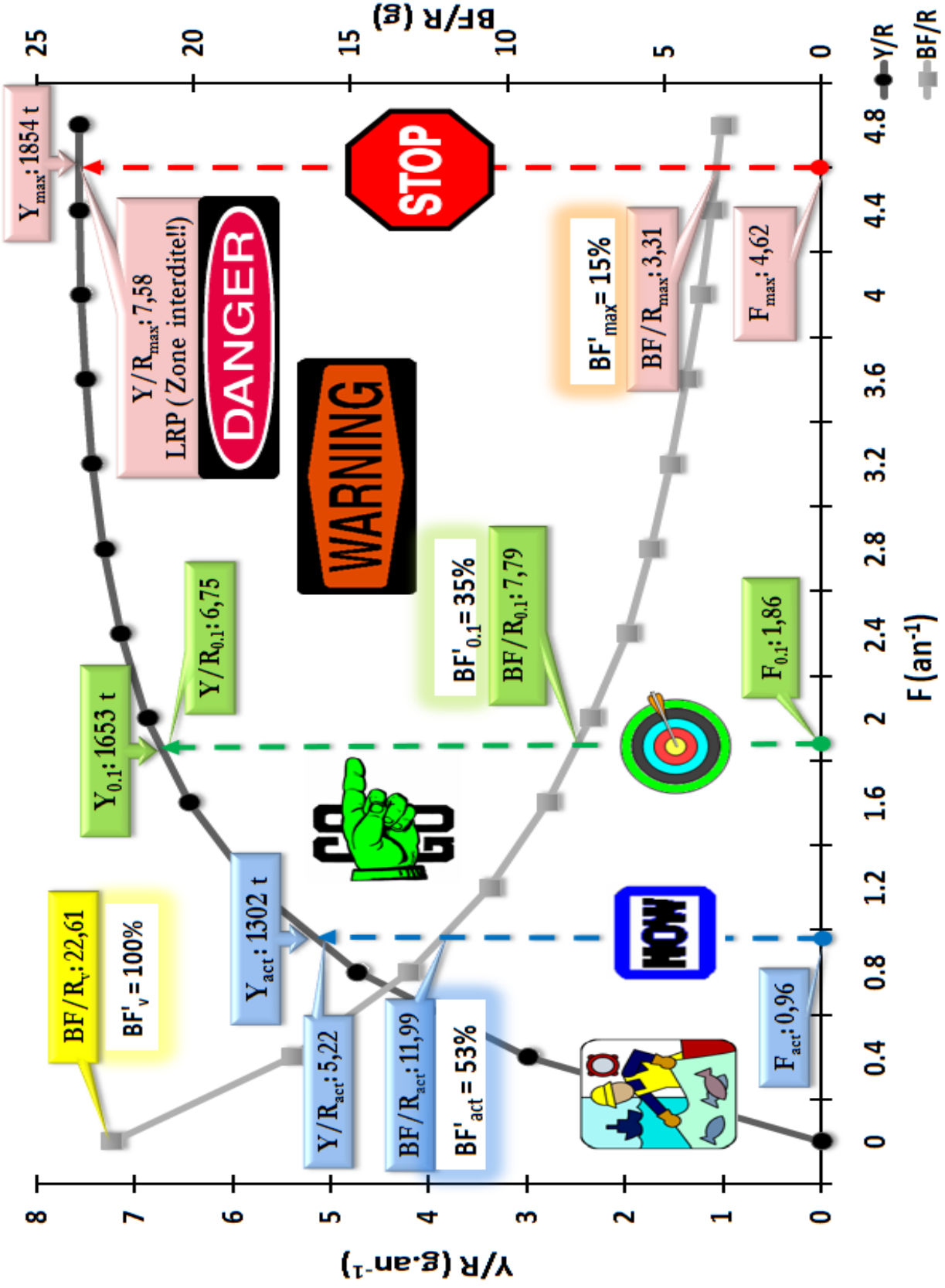


Figure 38. Présentation des avis de gestion du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba.

3.8. Approche de précaution et principe de durabilité

Afin de palier les incertitudes inhérentes aux études d'évaluation des stocks halieutiques les instances scientifiques et décisionnelles se sont accordées pour préconiser le recours à l'approche de précaution dans l'élaboration des avis de gestion issus d'un consensus des différentes recommandations ; biologiques, socioéconomiques et politiques.

Dans ce sens, un graphique de précaution est dressé afin de présenter l'avis biologique issu des résultats de la présente étude et destiné à la gestion du stock exploitable de *Sardinella aurita* du golfe de Annaba et ce suivant les recommandations de l'approche de précaution (Fig.39). Le principe de base de cette présentation s'inspire de l'approche des feux de signalisation ou Trafic lights approach. L'intérêt de ce graphique réside dans le fait qu'il présente d'une manière plus explicite aux différents acteurs du secteur de la pêche, en l'occurrence, les pêcheurs, les gestionnaires et le large publics ; les résultats scientifiques obtenus et les avis de gestion dont ils découlent.

Dans cette approche représentative, le $F_{0.1}$ et en l'absence de résultats annuels chronologiques similaires est assimilé par analogie à une mortalité par pêche de précaution (F_{pa}) et la mortalité maximale (F_{max}) à la mortalité limite (F_{lim}) dont l'atteinte et le rapprochement sont prohibés. A ces mortalités correspondent évidement, les biomasses respectives, à savoir, une biomasse de précaution (B_{pa}) et une biomasse limite (B_{lim}).

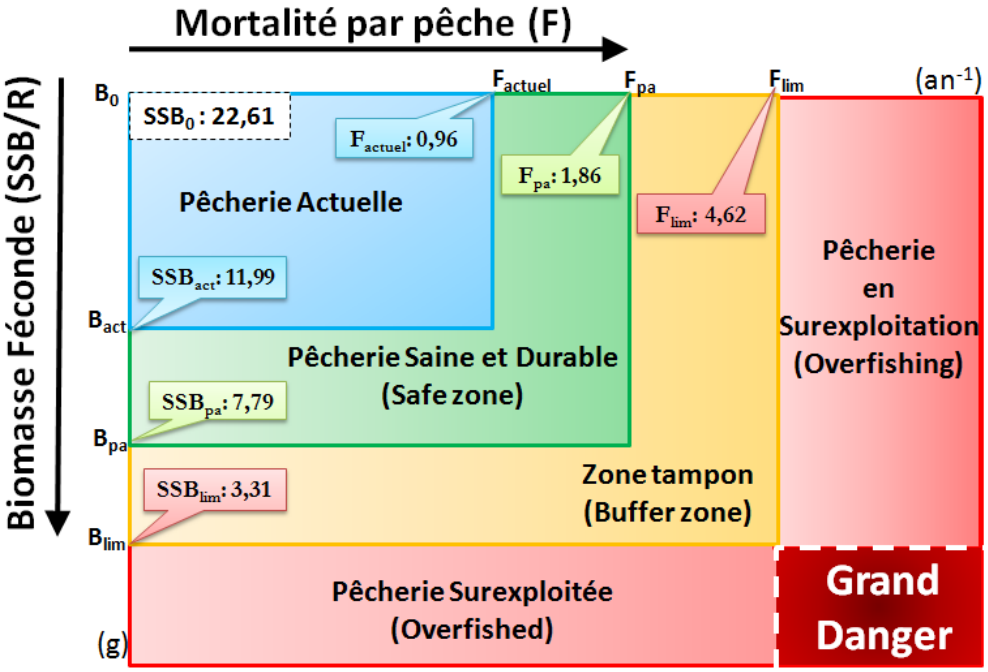


Figure 39. Graphique de précaution pour la gestion du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba.

Selon Gascuel (2008), le graphique de précaution est une représentation conventionnelle, qui permet d'analyser l'évolution du stock, au regard des valeurs seuils précédemment déterminées, et d'en déduire des règles de gestion. Sur ce graphique, on représente l'évolution de la biomasse féconde du stock (qui est un indicateur de l'état du stock, et notamment des possibles situations de surexploitation de recrutement), en fonction de la mortalité par pêche (qui est un indicateur de l'état de la pêcherie et plus précisément de l'intensité de l'exploitation, évidemment liée à l'effort de pêche). On trace également les quatre seuils :

B_{lim} et B_{pa} en ce qui concerne l'axe des biomasses, et F_{lim} et F_{pa} pour l'axe des mortalités. On définit ainsi différentes situations, dites de sécurité, de danger et d'effondrement. Du graphique de précaution, on déduit des règles de gestion qui déterminent finalement l'avis transmis par les scientifiques, aux instances de décision politique.

Selon les résultats obtenus et en accord avec les principes de l'approche de précaution préconisée pour la gestion des pêcheries ; une élévation des captures de 27% par rapport à la capture actuelle (1302 tonnes), pour atteindre 1653 tonnes correspondant au $F_{0.1}$: 1.86 an^{-1}, est donc possible et souhaitable pour une augmentation soutenue, rationnelle et responsable des rendements de captures et ce dans une perspective d'optimisation de l'exploitation. Le F_{max} : 4.62 an^{-1} est considéré donc, comme un seuil limite, à éviter selon ce nouveau concept de gestion. Se rapprocher de ce point portera l'exploitation dans une zone à haut risque.

Ces avis et recommandations sont à même de placer l'exploitation loin du risque de la surexploitation, en gardant à l'esprit l'hypothèse principale d'équilibre, ce qui veut dire, le maintien de la tendance actuelle des bases biologiques de la modélisation et de l'hypothèse d'un *statu quo* environnemental.

La prise de décisions dans la pêche suppose la conciliation d'objectifs et intérêts concurrents (dans le secteur de la pêche et par-delà cette communauté) qui sont exprimés dans toute une variété de vocabulaires et à divers niveaux. Les indicateurs et l'information devraient être d'une qualité propre à faciliter la communication entre tous ceux qui ont un intérêt dans les pêcheries et la coordination de leurs actions (FAO, 2001).

Grâce à la recherche et à l'évaluation scientifique des stocks exploités, comme base aux mesures de gestion des pêches, concilier l'exploitation avec la conservation de la ressource, devient une démarche envisageable.

Le développement durable reconnaît les interdépendances entre les économies humaines et leur environnement, et il tient particulièrement compte de la nécessité de comprendre scientifiquement le fonctionnement et les modifications des écosystèmes. Le développement durable, consiste à « aménager et conserver les ressources naturelles et orienter les changements techniques et institutionnels de manière à satisfaire les besoins des générations actuelles et futures. Il s'agit pour cela de conserver les terres, les eaux et le patrimoine zoogénétique et phytogénétique et d'utiliser des moyens sans danger pour l'environnement, techniquement bien adaptés, économiquement viables et socialement acceptables » (FAO, 1997).

Pour la pêche, le terme durable ne signifie pas qu'il n'est pas permis d'exploiter. Cela signifie simplement qu'il est préférable pour tous, de pêcher d'une manière qui ne risque pas de compromettre l'avenir de la pêche. Quand une espèce est "surexploitée", ceci mène à un certain nombre de problèmes pour les poissons et les pêcheurs. Tout d'abord, il y a moins de poisson, cela les rend plus difficiles à être capturer et, avec moins de parents, il y aura moins de descendants (surexploitation de recrutement). Deuxièmement, les poissons ont tendance à devenir plus petits. Ils viennent à échéance à une plus petite taille et à un plus jeune âge. Les petits poissons produisent moins d'enfants (surexploitation de croissance). Une pêche qui présente ces caractéristiques est moins rentable, ce qui finalement a un vaste impact économique : les pêcheurs, les fabricants de bateaux, et toutes autres activités annexes, peuvent en souffrir (surexploitation économique).

CONCLUSION

CONCLUSION

L'étude d'évaluation du stock exploitable de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) du golfe de Annaba, a été abordée au cours de l'année 2006 et elle a porté sur l'estimation des données biologiques et de la dynamique du stock nécessaires au calcul de la biomasse exploitable du stock et des principaux indicateurs d'exploitation et ce, aux différents niveaux : actuel, optimal (raisonnable) et maximal.

A partir de quelques données collectées aux niveaux de la pêcherie elle-même, à savoir, les données de la capture et de l'échantillonnage biologique annuels et grâce à des instruments de mesure simples et à des outils de modélisation accessibles, on dispose *in fine*, d'une multitude de paramètres biologiques sur la base de laquelle il est possible d'élaborer un avis biologique de gestion de la pêcherie de la sardinelle du golfe de Annaba, basé sur les deux principes essentiels, de précaution et de durabilité et qui constituent -ente autres- les deux piliers essentielles des nouvelles approches de gestion des pêches.

A la lumière des résultats obtenus lors des trois chapitres élaborés lors de cette étude, plusieurs conclusions sont mises en exergue :

Des résultats des paramètres biologiques du stock exploité de *S.aurita* du golfe de Annaba en nette concordance avec ceux obtenus par les différents travaux, préalablement réalisés, particulièrement en Méditerranée Nord-Occidentale. En effet, le traitement et l'analyse de la distribution des fréquences de tailles issue de l'échantillonnage hebdomadaire de la capture annuelle de *Sardinella aurita* pêchée dans le golfe de Annaba durant l'année 2006, composé de 1764 individus (sexes confondus) et répartis entre 8 et 26 cm, révèle une pyramide d'âge de 4 ans et qui est représentative de la courte longévité du poisson étudié. L'élaboration de l'équation générale de croissance de von Bertalanffy (1938), décrit une croissance rapide, avec une taille asymptotique (L_∞) de l'ordre de 27.41 cm pour un taux de croissance (K) de l'ordre de 0.41 an^{-1}. Ces deux résultats sont représentatifs de la croissance rapide des clupéidés, validée par l'ensemble des études réalisées sur ce groupe de poissons.

Une relation d'allométrie liant les longueurs aux poids respectifs de type isométrique définie par les deux paramètres a = 0.005716 et b = 3.038 ; décrivant des évolutions en taille et en poids similaires.

L'étude des caractères sexuels laisse apparaître un sex-ratio de 1.52, en faveur des femelles. L'élaboration de l'ogive de maturité sexuelle a permit de déterminer la taille de première maturité sexuelle (L_m) pour l'ensemble du stock (sexes confondus) à 13.78 cm soit un âge de 1.7 ans. La taille de première maturité sexuelle est un indicateur important et pertinent pour la gestion et l'aménagement de la pêcherie de la sardinelle. Cet indicateur est pris en considération par les mesures de gestion règlementaires lors de la fixation de la taille réglementaire minimale de capture autorisée. Dans ce sens, la taille règlementaire actuelle de la taille minimale de capture et qui est de l'ordre de 15cm, semble être raisonnable.

L'étude des paramètres de mortalités affectant le stock donne, une mortalité totale (Z) de l'ordre de 1.82 an^{-1}, scindée en une mortalité naturelle (M) égale à 0.86 an^{-1} et une mortalité par pêche de l'ordre de 0.96 an^{-1}. La taille de première capture et qui représente un indicateur quantitatif simplifié du diagramme d'exploitation, a été estimée à 9.5 cm, soit un âge de première capture de 1.04 ans.

L'ensemble des données biologiques et de capture réunies ont servi à la mise en application d'une évaluation de l'exploitation selon une approche analytique par VPA (Virtual Population Analysis) structurée en longueurs. La VPA est fortement préconisée pour l'analyse des pêcheries méditerranéennes où les données historiques de captures et de distribution par âge et par classes de tailles font défaut. Le traitement des données a été réalisé par l'emploi du logiciel VIT (Lleonart et Salat, 1997), conçu spécialement pour l'étude des pêcheries méditerranéennes.

Cette étude a permit de dresser le diagramme d'exploitation. Ce diagnostic donne une image détaillée de la structure du stock en définissant la composition démographique des captures et en calculant, plusieurs indicateurs révélateurs. L'indicateur le plus essentiel est la biomasse exploitable qui est évaluée à 4892 tonnes. Cette biomasse est dictée par l'équation d'équilibre qui décortique la dynamique principale du stock exploité sous l'hypothèse générale d'équilibre. La dynamique de la population exploitée de *S.aurita* du golfe de Annaba est décrite dans ses gains par 84% dus à la croissance et par 16% de recrutement et en ses pertes par 73% de la mortalité naturelle et 27% de mortalité par pêche. La biomasse vierge ou capacité actuelle du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba a été estimée à 6919 tonnes et constitue en elle-même un point référence de gestion de grande signification. La taille moyenne du stock fixée à 13.075 cm et correspondant à un âge de 1,692 an, reflète le phénomène de rajeunissement du stock et qui constitue un des principaux impacts de l'exploitation.

L'analyse des rendements par recrues (Y/R), selon les différentes situations d'exploitation (actuelle, préconisée et limite) donne les deux taux de mortalité par pêche, $F_{0.1}$ et $F_{max.}$. Ces indicateurs représentent des Points de Référence Biologiques (PRBs) de gestion de la pêcherie utilisés pour prévenir les risques d'une surexploitation de croissance. Le $F_{0.1}$ et le F_{max} sont respectivement de l'ordre de 1.86 an^{-1} et 4.62 an^{-1}. Ils situent l'exploitation actuelle du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba où F_{act} à 0.96 ans, dans un niveau de sous exploitation de croissance. Cette même analyse nous renseigne sur l'évolution de la biomasse en réponse au changement des taux de mortalités par pêche. Le régime d'exploitation obtenu, donne des rapports de biomasse par recrues (B/R) et de biomasses fécondes par recrues (BF/R) selon les différents scénarios d'exploitation. Ces indicateurs de l'état de la biomasse dictés par les différents taux de mortalités par pêche affinent et précisent le diagnostic de l'exploitation de croissance.

Selon les résultats issus de l'analyse du régime d'exploitation, il est recommandé de considérer, le $F_{0.1}$ (1.86 an^{-1}) comme point de référence cible et le F_{max} (4.62 an^{-1}) comme point de référence limite pour la gestion de l'exploitation du stock de *S.aurita* du golfe de Annaba. Cette recommandation est respectueuse de l'approche de précaution et est à même d'assurer une gestion durable du stock exploité. Concrètement, cette recommandation permet une élévation des captures actuelles (1302 tonnes) de 1.27 fois pour atteindre un TAC de l'ordre de 1653 tonnes soit une élévation de 27%.

Pour contourner les incertitudes qui peuvent affecter les résultats issus de cette étude, l'approche de précaution, approche actuellement en usage dans un grand nombre de pays, a été le cadre principale des préconisations finalisant cette étude. En effet, le choix du point de référence, $F_{0.1}$, en tant que point cible pour la gestion de la pêcherie de *S.aurita* du golfe de Annaba, au lieu du F_{max}, permet d'assurer une marge de sécurité pour le maintien du stock, tout en évitant de pénaliser l'effort de pêche. En effet, l'état actuel de sous exploitation de la ressource, permet selon les résultats obtenus, de concilier les deux tendances majeures et antagonistes du système managérial des pêcheries, l'exploitation et la conservation.

Le MPRH (2008) et à travers son Schéma Directeur du Développement des Activités de la Pêche et de l'Aquaculture (SDDAPA) et qui constitue le cadre principal traçant les principales orientations du secteur de la pêche en Algérie à horizon 2025, précise que pour assurer un développement durable et responsable de la pêche, il est impératif d'évaluer, d'une manière régulière, le stock halieutique. Pour assurer le maintien des stocks de poisson, il faut réguler la mortalité par pêche et permettre aux juvéniles de grandir et de se reproduire. Pour cela, la mise en place des mesures règlementaires adaptées à une exploitation durable et à une gestion responsable est une action prioritaire.

Il est important de rappeler que, toute cette étude n'aurait pas été possible si on n'avait pas pu cerner, la capture commerciale de l'espèce concernée et qui a été de l'ordre de 1302.3 tonnes durant l'année 2006. Il est donc essentiel et très important d'attirer l'attention sur le fait que, si on arrive à calibrer cette donnée, un grand apport pour la fiabilité de telle étude serait possible. De ce fait, les administrations des pêches, actuellement seules en charge de la collecte des statistiques des pêches, et à travers leurs agents de collecte sur terrain, peuvent contribuer à la disponibilité de cette donnée vitale pour les études d'évaluation. La sensibilisation et la formation des ces agents pour une amélioration de la fiabilité des données collectées constitue une priorité d'une grande importance.

La mise en place d'un réseau d'observateurs scientifiques, capables de fournir des distributions de fréquences de tailles annuelles, permettra d'effectuer des études chronologiques étalées sur plusieurs années, et qui seront d'un meilleur apport pour la gestion de toute pêcherie. En effet, la réalisation d'études similaires sur plusieurs années consécutives permettra de disposer d'une base de données à partir de la quelle des analyses plus larges et plus affinées pourront être abordées selon une panoplie de méthodes et d'outils d'évaluation halieutique. Ceci permettra de porter un regard comparatif et chronologiquement plus représentatif capable de cerner l'évolution des diagrammes et des régimes d'exploitations correspondants, exercés sur les différents stocks halieutiques exploités.

Lleonart et Maynou (2003) notent que, la gestion des pêcheries en Méditerranée est réactive et non adaptative et reste peu précautionneuse. Dans ce sens, Caddy (2001) signale qu'en l'absence de contrôle des quotas en Méditerranée, la réponse du CGPM sera en grande partie un contrôle grossier de la capacité effective et l'accès à la ressource, ainsi que des mesures techniques associés telles que la réglementation des engins, des saisons ou de permanentes fermetures de quelques parties de la zone de répartition du stock.

Le protocole scientifique suivi lors de cette étude a permit la détermination d'un TAC nécessaire pour le calcul des quotas pour la gestion du stock exploitable de la sardinelle du golfe de Annaba. Cette mesure constitue *in fine*, un outil de gestion pratique, concret et admissible pour la mise en place d'une stratégie de gestion des pêches basée sur l'argumentation scientifique (biologique) et respectueuse de l'approche de précaution.

Oliver (2002) précise enfin que, les méthodes d'évaluation halieutique des séries chronologiques de taille/âge des captures et de la biomasse doivent être élaborées en Méditerranée lorsque les données sont disponibles. Les approches analytiques par rendement par recrue et pseudocohortes tel que le VIT (Lleonart et Salat, 1997) doivent être appliquées, et ce, malgré les problèmes qu'elles sont susceptibles d'y faire face dont, l'environnement et/ou la variation de la productivité. Les approches par pseudocohortes doivent être appliquées à de nombreuses évaluations monospécifiques dans toute la région du CGPM.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

Alvaro J. A., 1995. Use of single species reproduction based reference points for the Mediterranean demersal fisheries management. *Rapport de la première réunion du groupe de travail Dynpop du CIESM, Tunis* : PP. 85-102.

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

ANAT, 2007. Agence Nationale de l'Aménagement du territoire. Direction Régionale Est-Guelma. Cadastre littoral de la wilaya d'Annaba. Rapport de synthèse. Phase I : Bilan-Diagnostic ; Phase II : Thématiques et plans. Ministère de l'aménagement et de l'environnement. 64 p.

ARCGIS, 2007. Logiciel SIG utilisé pour le positionnement géographique (libre d'accès). http://www.esrifrance.fr/(visitée le 23/08/2008).

Bebars M.I., 1981. Exploitation rationnelle des pêcheries égyptiennes : Application aux pêcheries des sardinelles (Sardinella aurita, Valenciennes 1847) de la baie de Saloume, Egypte. Thèse de Doct. D'état. Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier : 354p.

Beddington J.R., R.B.Rettig, 1984 Méthodes de régulation de l'effort de pêche. FAO Doc. Tech. Pêches, (243): 45 p.

Bensahla-Talet, A., Y. Mortet, J.A. Tomasini. 1988. Relations masse-longueur, sex-ratio et reproduction (saison de ponte, fécondités) de *Sardinella aurita* (Val. 1847) des cotes Oranaises (Algerie). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 31 V-II: 14.

Ben Tuvia A., 1956. The biology of *Sardinella aurita* with a systematic account of the family Clupeidae of the Mediterranean coast of Israel. *Fish. Bull., Haifa* (7):20-24; (8):14-15, 20-25.

Bertalanffy L., von., 1938. A qualitative theory of organic growth. (Inquiries on growth laws II). *Hum. Biol.* 10 (2) : 181-213.

Bethoux J.P. and B. Gentili. 1999. Functioning of the Mediterranean Sea: past and present changes related to freshwater input and climate changes. J. Mar. Syst., 20: 33-47.

Beverton, R.J.H., S.J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Ser. II. Vol. 19, 533 p.

Beverton R. J. H. & S. J. Holt, 1959. A review of the life spans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. *In* CIBA Foundation, colloquia on ageing. Vol. 5. The lifespan of animals, edited by G. E. W. Wolstenholme and M. O'Connor. London, Churchill, Vol. 5 : 142-80

Beverton R.J.H., 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 154: 44-67.

Beverton R.J.H., S.J. Holt, 1964. Table of yield functions for fishery management. FAO Fish. Tech. Pap. 38, 49 p.

Bhattacharya C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics,* 23 : 115-135.

Binet D., 1982. Influence des variations climatiques sur les pêcheries de Sardinella aurita Ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse – surpêche. Océanol. Acta, 5 : 443 – 452.

Binet D., 1988. Rôle possible d'une intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la côte Ouest africaine. Aquat-Living Ressour., 1 : 115 - 132.

Boely, T., C. Champagnat, 1970. Observations préliminaires sur *Sardinella aurita* (C. V.) des côtes sénégalaises. *Rapp. P. V. Cons. Int. Explor. Mer,* 159 : 176-181.

Boely, T., J. Chabanne, P. Fréon et B. Stequert. 1978. Cycle sexuel et migrations de *Sardinella aurita* sur le plateau ouest-africain, des Iles Bissagos à la Mauritanie. *Symposium sur le courant des Canaries : Upwelling et ressources vivantes,* Las Palmas 11-14 avril 1978, comm., 92, 12 p.

Boely, T. 1979. Biologie des deux espèces de sardinelles : Sardinella aurita Valenciennes 1847 et Sardinella maderensis (Lowe 1841) des côtes sénégalaises. Thèse Doct. d'état, Université de Paris VI : 286.

Boely, T. 1982. Étude du cycle sexuel de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Val. 1847) au Sénégal. *Océanogr. trop*. 17 (1) : 3-13.

Boely . T , P. Fréon. (2) B. Stequert. 1982. La croissance de *Sardinella aurita* (Yak 1847) au Sénégal. Océanogr. trop. Centre O.R.S.T.O.M., U.P. AS, Nouméa-Cedex, Nouvelle Calédonie.17 (2): 103-119 (1982).

Bouaziz A, R., Semroud, B. Brahmi, S. Cheniti, 1998. Estimation de la croissance de la sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes 1847) dans la région algéroise par analyse des fréquences de tailles. Vol 35, 1998 cah.Optim Méditerr. ISSN : 1022-1379.

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

Bouaziz A., 2007. La sardinelle (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) des côtes algériennes, distribution, biologie et estimation des biomasses. Thèse de Doctorat d'Etat, U.S.T.HB. 135p.

Bounhiol J. P., 1921. Sur la biologie de l'allache (*Sardinella aurita* Valenc.) des côtes d'Algérie. *Rapp. Présenté au Congrès de Strasbourg de l'Assoc. Franc. Avanc. Sci.* 1920.

Caddy J.F., 2001. Practical issues in choosing a framework for resource assessment of Mediterranean and Black Sea fisheries. The 26th session of the Scientific Advisory Committee (SAC), 10-13 September 2001. *the GFCM/SAC. Permanent Working Group on Stock Assessment Methodologies (PWGAM).* 32p

Caddy J.F., R. Mahon, 1996. Points de Référence en aménagement des pêcheries. *FAO Document technique sur les pêches.* N°. 347. Rome, FAO. 1996. 101p.

Cadima E.L., 1977. L'analyse des cohortes. FAO. Circ. Pêches, (701) : 53 – 66.

Cadima E.L. 2002. Manuel d'évaluation des ressources halieutiques. *FAO Document technique sur les pêches*. No. 393. Rome, FAO. 2002. 160p.

Camarena Luhrs T., 1986. Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal : biologie et évaluation des ressources. *Thèse de Doctorat Univ. Bretagne Occidentale, France. 187 p.*

CGPM, 2006. Commission générale des pêches pour la Méditerranée. *Rapport de la neuvième session du Comité scientifique consultatif. Rome,24-27 octobre 2006.* FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 814. Rome, FAO. 112 pp

CGPM, 2007. Carte de la division statistiques FAO des zones de pêche. http://www.gfcm.org/gfcm (visitée le 30/08/07).

Chaouch R., 2007. Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages de la ville d'Annaba: aspects physico - chimiques et bactériologiques des eaux. Mémoire de Magister. Université de Annaba, 104 p.

Chauvet C., 1986. Exploitation des poissons en milieu lagunaire méditerranéen. Dynamique du peuplement ichtyologique de la lagune de Tunis, et des populations exploitées par des bordigues (muges, loups, daurades). Thèse de Doct. Etat Univ. Perpignan: 555 p.

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

Chikhi L., 1995. Différenciation génétique chez *sardinella aurita* et *Sardinella maderensis.* Allonzines et ADN mitthochondriale. Thèse Doct. Univ de paris VI, France : 237p.

CIESM, 1995. Dynamique des populations marines. Rapport de la première réunion du groupe de travail DYNPOP du CIESM, Tunis (Tunisie), 10 – 14, Septembre 1994.

Cooper A.B., 2006. A Guide to Fisheries Stock Assessment From Data to Recommendations. Department of Natural Resources. University of New Hampshire. Edited and designed by Kirsten Weir.NH Sea Grant College Program NH 03824 Kingman Farm, University of New Hampshire Durham, NH 03824 603.749.1565. 44p . http://www.seagrant.unh.edu. (visitée le 12/06/2008).

Csirke J., G.D. Sharp, (eds), 1985. Rapports de la Consultation d'experts chargés d'examiner les variations de l'abondance et de la composition spécifique des stocks néritiques. San José, Costa Rica, 18–29 avril 1983. Une réunion préparatoire pour la Conférence mondiale de la FAO pour l'aménagement et le développement des pêches. FAO Rapp. Pêches, (291) Vol.1 : 102 p.

Cury M.P., A. Fontana, 1988. Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest africaines. *Aquat. Living Ressour*., 1 : 165 – 180.

Dieuzede R., M. Novella, J. Roland, 1959. Catalogue des poissons des côtes algériennes. Tome II. Ostéoptérygiens. 2ème édition. revue et augmentée: 299p.

Dintheer F., 1982. Premiers résultats des prospections par chalutage du talus de la côte orientale de la Corse. *FAO Rapp. Pêches* (266) : 97-100.

Djabali F, B. Brahmi, M. Mamasse, 1993. Poissons des côtes algériennes. Pelagos. ISMAL. Numéro spécial : 215p.

DPRHA, 2006. Bilans annuel, trimestriels, mensuelles et décadaires des activités, Année 2006. *Direction de la pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Annaba.*

DPRHA, (1999-2000). Bilans annuels et mensuels d'activités. *Direction de la pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Annaba.*

Drouineau H., 2008. Développement et ajustement d'un modèle de dynamique des populations structuré en longueur et spatialisé appliqué au stock Nord de merlu (*Merluccius merluccius*).Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes. Spécialité : Halieutique. N° Ordre : 2008-4.N° Série : H-73. 192 p

EGPP, 2007. Plan du port de pêche de Annaba. http://www.ports-de-peche algerie.com/nosports.php (visitée le 23/05/07).

FAO, 1997. L'approche de précaution appliquée aux pêches de capture et aux introductions d'espèces. Elaboré par la Consultation technique sur l'approche de précaution appliquée aux pêches de capture (et aux introductions d'espèces). Lysekil, Suède, 6-13 juin 1995. FAO Directives techniques pour une pêche responsable. No. 2. Rome, FAO. 1997. 73p.

FAO (Fisheries Department. Fishery Information, Data and Statistics Unit), 2000. FISHSTAT+ Logiciel pour les séries chronologiques de pêche. Version 2,3. 2000. FISHSTAT+, Version 2.3.2. Captures 1950–2006 (mise à jour 2007).

FAO, 2001. Directives pour la collecte régulière de données sur les pêches de capture. Établies à la Consultation d'experts FAO/DANIDA. Bangkok, Thaïlande, 18-30 mai 1998. FAO document technique sur les pêches. No. 382. Rome, FAO. 2001. 123p.

FAO (Division des ressources halieutiques), 2001. Indicateurs pour le développement durable des pêcheries marines. *FAO Directives techniques pour une pêche responsable*. No. 8. Rome, FAO. 78 p.

FAO, 2005. L'état des ressources halieutiques marines mondiales. Service des ressources marines, Division des ressources halieutiques. FAO *Document technique sur les pêches*. No. 457. Rome, FAO. 2005. 254 p.

FAO/FIGIS, 2007. Cartes répartition mondiale (a) et méditerranéenne (b) de *Sardinella aurita*..http://www.fao.org/figis/web-maps/species-maps/species-mapresult.html?3AC=SAA2088&name=Round_sardinella (visitée le 27/12/2007)

Farrugio H., 1981. Exploitation et dynamique des populations de thon rouge *Thunnus thunnus* (Linné, 1758) atlanto-méditrranéennes. Université des sciences et techniques du Languedoc. 325 p. Thèse de Doctorat.

Farrujio H., G. Le Corre, Y. Aldebert, 1994. Considérations sur la modélisation des pêcheries interactive méditerranéennes à partir d'expériences récentes dans le golfe du Lion. Groupe de travail « DYNPOP » sur la dynamique des populations du Comité des Vertébrés Marins et Céphalopodes de la CIESM. Ifremer, Sète, France. Tunis 10-14 septembre. 1994. pp. 39-46. http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c10/95605399.pdf

Fisher W., M.L. Schneider, M.L. Bauchot, 1987. Identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Fiches F.A.O., révision 1, Vol2, FAO Ed (Rome), Tome I et II : 1366p.

Fontana A., 1969. Étude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* Val. et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe Noire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr*., 7 (2) : 101-114.

Forest A., 2008. De la demande d'avis scientifiques aux décisions de gestion. *In:* Gascuel D., Dynamique des populations et gestion des stocks halieutiques. *Support de cours en ligne*, Agrocampus Ouest / Campus numérique ENVAM éd., Rennes, France, 115-123.

Frehi H., A. Couté, G. Mascarell, C. Perrette-Gallet, M. Ayada, M H. Kara, 2007. Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie). C. R. Biologies 330 (2007). *Aca des Scs*. 615-628

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

Fréon P., 1988. Réponses et adaptation des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. *ORSTOM Etudes et thèses, Paris*. 287 p.

Fréon P., M. El Khattabi, J. Mendoza, R. Guzman, 1997. Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela. *Mar. Biol.*, 128: 363-372.

Froese R., D. Pauly (eds.), 1999. FishBase 99: concepts, structure et sources de données. ICLARM, Manille, Philippines. 326 p.

Froese, R., D. Pauly, (eds.), 2007.. FishBase. World Wide Web electronic publication.www.fishbase.org, version (03/2007).

Froese, R. et D. Pauly. Editors, 2007. Figure de *Sardinella aurita.* http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=1043&genusname=Sardinella&speciesname=aurita (visité le 27/02/2007).

Furnestin J., 1952. Biologie des clupéidés méditerranéens. Vie et milieu, 4 (1) : 37-56.

Gaamour A., H. Missaoui, L. Ben-Abdallah, A. El Ahmed, 2001. Paramètres biologiques de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) dans la région du Cap Bon (canal siculo-tunisien). GFCM, 26-30 March 2001, Kavala, Greece. (www.faocopemed.org/en/sac/docs.htm) (visité le 25/05/2008).

Gabriel W.L., P. M. Mace, 1999. A Review of Biological Reference Points in the Context of the Precautionary Approach. NMFS, Northeast Fisheries Science Center, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543-1097. E-mail address: Wendy.Gabriel@noaa.gov. Proceedings, 5th NMFS NSAW. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-40.34-45

Gallucci V. F., B. Amjoun, J. Hedgepeth, H.L. Lai, 1996. Size-based methods of stock assessment of small-scale fisheries *In* Gallucci, V. F., S. B. Saila, D. J. Gustafson and B. J. Rothschild [eds.]. Stock assessment: quantitative methods and applications for small-scale fisheries. CRC Press. Boca Raton, FL. 515 pp.

Gascuel D., 1994. Modélisation de la dynamique des stocks exploit´es par la pêche artisanale sénégalaise : intérêts, limites et contraintes de l'approche structurale. In Gérard, M.B., Diouf, T. et Fonteneau, A. (eds), L'´evaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise. ORSTOM, Paris, France, pp. 385–403.

Gascuel D., 2008. Dynamique des populations et gestion des stocks halieutiques. Support de cours en ligne, Agrocampus Ouest/Campus numérique ENVA Méd., Rennes, France, 125 pp.

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

Gheno Y., 1968. Détermination de l'âge et croissance de *Sardinella aurita* (Valenciennes) de la région de Pointe Noire. *Centre O.R.S.T.O.M. pte. Noire* No. 430.

Gheno Y., 1975 Nouvelles études sur la détermination de l'âge et de la croissance de *Sardinella aurita* Val. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr*. 13(3):251-262.

Google, 2007. Google earth. http://earth.google.com/intl/fr/thanks.html#os=win (visitée le 15/06/06).

Grall C.A., 1984. Study of biology of the spanish sardine, *Sardinella aurita*, in Florida waters. *M. Sc. Thesis, Univ. of Miami*. 107p.

Gulland J.A., 1966. Manuel des Méthodes d'Échantillonnage et des Méthodes Statistiques applicables à la biologie halieutique .Laboratoire des pêches Lowestoft, Angleterre *FAO* .Technical Repport Paper. ROME. 98 pages.

Gulland J.A., 1969. Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Partie 1. Analyse des populations. FAO Man.Sci.Halieut., (4):160 p.

Gulland J.A., L. Boerema, 1973. Scientific advice on catch levels. Fish. Bull. (US) 71(2) : 325-335.

Hamida C., 2003. Biologie et dynamique de la sardinelle : *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) dans le Golfe de Annaba. Mémoire de magistère *Univers. BADJI Mokhtar. Ann.Fac. Sciences. Dept. Sciences de la mer. Lab. Bioressources marines (Biomares).* 67 p.

Hilborn R., C.J. Walters, 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, New York. 570 p.

Hoenig J. M., G.A. Chouinard, 1994. Quelques suggestions pour l'échantillonnage des pêcheries artisanales avec référence particulière à la pêche sénégalaise. p. 95-103. In Barry-Gérard, M, T. Diouf and A. Fonteneau. L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise, ORSTOM Éditions, Paris

Holden M.J., 1973. Report of the ICES/ICNAF Working Groups on Selectivity Analysis. Coop. Res. Rep. ICES (A), (25):144 p.

Holden M.J., D.F.S. Raitt, 1974. Manuel des sciences halieutiques. 2ème partie. Méthodes de recherches sur les ressources et leur application. FAO Doc. Tech. Pêches, (115) Rev.1 : 223 p.

ICES, 2003. Report of the Study Group on Age-Length Structured Assessment Models. ICES CM 2003/D: 07: 64pp.

IFREMER, 2006. Dossier pêche. Diagnostics. Notions de base. Dynamique d'un stock**.** http://wwz.ifremer.fr/peche/le_role_de_l_ifremer/diagnostics/notions_de_base/dynamique dun_stock (visité 21/05/2009).

IFREMER, 2008. Applications des résultats de la recherche halieutique pour une pêche durable. Dossier de presse. Paris, le 24 avril 2008.http://www.ifremer.fr/com/dossier-presse/24-10-06-aep.pdf (visité le 14/06/2009). 34 p.

Jennings S., M.J. Kaiser, J.D. Reynolds. 2001. Marine Fisheries Ecology. Blackwell Science, London. 432 p

Jones R.E., 1957. A much simplified version of the fish yield equation. Doc. No. P. 21. Paper presented at the Lisbon joint meeting of International Commission Northwest Atlantic-Fisheries, International Council for the Exploration of the Sea, and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 8 p. [Mimeo].

Jones R., 1983. L'évaluation des stocks de poisson appuyée sur des données de structure de taille (et notes sur l'analyse de population virtuelle et l'analyse de cohorte). FAO. Circ. Pêches. (734) : 46 p.

JORADP N°36, 2001. Loi n° 01-11 du 11 Rabie Ethani 1422 correspondant au 3 juillet 2001 relative à la pêche et à l'aquaculture .Art. 17. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP) N° 36 du 8 juillet 2001. pages 6-9

JORADP N°78, 2003. Décret exécutif n° 03-481 du 19 Chaoual 1424 correspondant au 13 décembre 2003 fixant les conditions et les modalités d'exercice de la pêche. Art. 44. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP), N° 78 du 14 décembre 2003. page 13

JORADP N°18, 2004. Décret exécutif n° 04-86 du 26 Moharram 1425 correspondant au 18 mars 2004 fixant les tailles minimales marchandes des ressources biologiques. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP), N° 18 du 24 mars 2004. P 6

JORADP N°30, 2004. Arrêté du 16 mai 2004) (Arrêté du 4 Rabie El Aouel 1425 correspondant au 24 avril 2004 fixant les limitations d'utilisation des chaluts pélagiques, semi-pélagiques et de fond dans le temps et dans l'espace. Art. 5. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP) N° 30 du 16 mai 2004. page 22

JORADP N°62, 2004. Arrêté du 28 Joumada Ethania 1425 correspondant au 15 août 2004 fixant les caractéristiques techniques des navires de pêche intervenant dans les zones de pêche. Art.2 ; 3 ;4. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP), N° 62 du 26 septembre 2004. p 24

JORADP N°26, 2006. Décret exécutif n° 06-250 du 13 Joumada Ethania 1427 correspondant au 9 juillet 2006 modifiant le décret exécutif n° 04 187 du 19 Joumada El Oula 1425 correspondant au 7 juillet 2004 fixant la nomenclature des engins de pêche dont l'importation, la fabrication, la détention et la vente sont interdites. Art.2. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP) N° :26 du 16 juillet 2006. page 26

JORADP N°55, 2008. Arrêté du 16 Rajab 1428 correspondant au 31 juillet 2007 fixant les différentes catégories de documents et formulaires de collecte et de transmission des informations statistiques ainsi que la periodicité de leur établissement et de leur transmission. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORADP), N° 55 du 24 septembre 2008. pages 11-14

Kacˇic´ I., 1984. Gilt sardine (Sardinella aurita Val.) in Adriatic Sea. Nova Thalas., 6: 371-373.

Kartas F., 1981. Les clupéidés de Tunisie. Caractéristiques biométriques et biologiques. Etude comparée des populations de l'Atlantique est et de la Méditerranée. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tunis, Faculté des sciences,* 608 p.

Laurec A., J.C. Le Guen, 1981. Dynamique des populations exploitées. Concepts et modèles. Tome 1. Rapp. Sci. Tech., CNEXO, 45 : 118p.

LCHF, 1976. Extension du port de Annaba: Rapport d'études en nature. Tome I Laboratoire central d'hydraulique de France. Direction de l'infrastructure et de l'équipement de la wilaya de Annaba. Décembre1974.

Leclaire L., 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré-continent Algérien). Mémoire Muséum histoire Naturelle. Paris. Série C, Tome 24, pp 66.

Lee J.Y., 1961. Note complémentaires sur les sardinelles du Golfe du Lion. Rapp. Comm. Int. Mer Medit. 16(1): 335 – 339.

Lleonart J., 1993. Methods to analyse the dynamics of exploited marine populations: Use and development of models. SCI. MAR., 57(2-3): 261-267

Lleonart J., J. Salat, 1997. VIT: software for fishery analysis. User's manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 11. Rome, FAO. 1997. 105p.

Lleonart J., F. Maynou, 2003. Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. Institut de Ciències del Mar, CSIC, Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49, 08003 Barcelona, Spain. Scientia Marina. Fish Stock Assessments and Predictions: Integrating Relevant Knowledge. *Ø. ULLTANG and G. BLOM (eds.).*SCI. MAR., 67 (Suppl. 1): 37-49

Mendoza J., P. Fréon, R. Guzman, R. Aparicio, 1994. *Sardinella aurita* population dynamics related to environmental parameters in the Southern Caribbean (Venezuela). In : Durand Marie-Hélène (ed.), Cury Philippe (ed.), Mendelssohn R. (ed.), Roy Claude (ed.), Bakun A. (ed.), Pauly D. (ed.) Global versus local changes in upwelling systems. Paris: ORSTOM, 1998, p. 293-309. (Colloques et Séminaires). Global Versus Local Changes in Upwelling Systems: Conférence, Monterey (USA), 1994/09/06-08

Merella P., A. Quetglas, F. Alemany, A. Carbonell, 1997 Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (western Mediterranean*). Naga ICLARM Q*. 20(3/4):66-68.

Mesnil B., 1980. Théorie et pratique de l'analyse des cohortes. Rev. Trav. Inst. Pêches.Marit. 44(2): 119-155. http://www.ifremer.fr/dorcelec/doc/1980/publication-1949.pdf (visitée le 24/05/2007)

MPRH, 2006. Manuel statistiques des pêches 2000-2005. Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques/Sous Direction des Statistiques (MPRH, 2006): 34 p

MPRH, 2008. Schéma directeur de développement des activités de la pêche et de l'aquaculture. Horizon 2025. 135 pages.

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

Obaton D., 1998. Circulation et modélisation de la méditerranée occidentale et du golfe de Lion. Synthèse des connaissances et des travaux existants. Ifremer.R.INT.DEL/98.03/BREST. Direction de l'environnement te de l'aménagement littoral. 87 pages.

Oliver P., 2002. Methods for assessing Mediterranean fisheries. Presented at SAC/GFCM, 1-4 July 2002**.** Document prepared by COPEMED to be presented at the SAC/GFCM meeting in Rome on 1-4 July 2002. 22 p

ONM, 2008. Données météorologiques de l'année 2006 et de la décennie 1996-2006. Station météos. *Office National de Météorologie- Station de l'aéroport Rabah Bitat*. Annaba.1P.

Ounissi M., H. FREHI., M. KHELIFI-TOUHAMI. M, 1998. Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golfe d'Annaba (Algérie). Annales de l'institut océanographique. *Ann, Inst. Océanogr*. Paris. 1998. 74 (1) : 13-28

Ounissi M., H. FREHI, 1999. Variabilité du microphytoplancton et des tintinnida (protozoaires ciliés) d'un secteur eutrophe du golfe d'Annaba (Méditerranée sud-occidentale). Cah. Biol. Mar. (199) 40: 141-153

Palomares M.L.D., J. Moreau, P. Reyes-Marchant, R. Froese, D. Pauly, 1991. FishBase : une base de données sur les poissons. *Fishbyte*, 9(2) : 58-61.

Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM 39(2) : 175-192.

Pauly D., 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* (234) : 52 p.

Pauly D., 1984a. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Stud. Rev.* (8):325p.

Pauly D., 1984b. Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyte*, 2(1): 17-19.

Pauly D., 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Stud. Rev. 8, 325 p.

Pauly D., 1985. Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. FAO Doc. Tech. Pêches, (234):56 p.

Pauly D., M. Soriano, 1986. Some practical extensions to Beverton and Holt's relative yield-per-recruit model, p. 491-495. *In* J.L. Maclean, L.B. Dizon et L.V. Hosillos (éds). The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila.

Pauly D., 1988. Resource assessment and management program, p. 47-66. *In* ICLARM five-year plan (1988-1992), Part 1. directions and opportunities. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila.

Pauly D., 1990. Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes. *ICLARM Fishbyte*, 8(3): 33-38.

Pauly D., F.C. Gayanilo Jr, 1996. Estimating the parameter of length-weight relationship from length-frequency samples and bulk weights, p. 136. In D. Pauly et P. Martosubroto (éds.). Baseline studies of biodiversity : the fish resources of western Indonesia. ICLARM Stud. Rev. 23, 321 p.

Pauly D., 1997. Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Cépadués Editions, *Collection Polytech*. I.N.P., Toulouse. 288 p

Pawson M.G., M.S. Giama, 1985. A biological sampling problem illustrated by the population structure and growth patterns of *Sardinella aurita* at Tripoli, Libya. *Environ. Biol. Fish.*, 12: 143-154.

Pecquerie L., 2007. Modélisation bioénergétique de la croissance, du développement et de la reproduction d'un petit pélagique : l'anchois du golfe de Gascogne. Thèse de doctorat. Agrocampus de Rennes. Mention : Halieutique. 235 p

Pope J.A., 1966. Manual of methods for fish stock assessment. Part. 3. Selectivity of fishing gear. FAO Fish. Tech. Pap., (41):41 p.

Pope J.A., 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. ICANF (9)65:74

Postel E., 1955. Résumé des connaissances acquises sur les Clupéidés de l'Ouest Africain. Rapp. Cons. Explor. Mer 137:14-17.

Prager M.H., S.B. Saila, C. W. Recksiek, 1989. FISHPARM: a microcomputer program forparameter estimation of nonlinear models in fishery science, second edition. Old Dominion University Oceanography Technical Report 87-10.

Ricker W.E., 1980. Calcul et interprétation de statistiques des populations de poisons. Bull. Can. Fish. Aquat. Sci. 191F, 409p

Shepherd J.G., 1983. Two measures of overall fishing mortality. *J. Cons. int. Explor. Mer*., 41: 76-80.

Shin Y.J., 2000. Interactions trophiques et dynamiques des populations dans les écosystèmes marins exploités. Approche par modélisation individus-centrée. Thèse pour l'obtention du diplôme de Doc. de l'Univ.Paris VII-Denis Diderot, spéc.Biomathématiques, Paris, France.

SHOM, 2007. Carte du golfe de Annaba. http://www.shom.fr/ (visitée le 07/09/2007)

Sinovcic G., M. Franicevic, V. Cikes Kec, 2003. Unusual occurrence and some aspects of biology of juvenile gilt sardine (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) in the Zrmanja River estuary (eastern Adriatic). *Journal of applied Ichtyology*. Volume 20 : 53 -57.

Sparre, P., S.C Venema, 1998. Introducion to tropical fish stock assessment. Part1-Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*, No.306.1, Rev.2 .Rome, FAO: 407 p.

Tsikliras A.C., 2004. Spawning pattern of round Sardinella aurita Valenciennes, 1847, in relation to sea surface temperature. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 37 : 449.

Tsikliras A.C., E. Antonopoulou, 2006. Reproductive biology of round sardinella (Sardinella aurita) in north-eastern Mediterranean. Sci. Mar. 70(2): 281-290

Ursin E., 1967. A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration, and mortality. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **24**: 2355–2453.

Williams G.C., 1966. Adaptation and Natural Selection, Princeton University Press, Princeton: 151. http://formes-symboliques.org/article.php3?id_article=1 (visité le 25/02/2008)

Whitehead P.J., 1985. Clupeoïd fishes of the world (suborder clupeoïdes) fish. Synopsis, 125(7): 1 -303.

ANNEXES

Tableau 1. Distribution des fréquences de tailles mensuelles et annuelles (N_i) du Stock de *S.aurita* du golfe de Annaba.

CC (cm)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	N_i
8.5										1			1
9.5		1								2	1		4
10.5	23	8	1		2					25	14	1	74
11.5	52	17	18		5				1	19	30	3	145
12.5	22	35	19	9	18				3	20	11	22	159
13.5	18	46	19	8	9	6			15	18	33	39	211
14.5	17	22	8	12	3	13		1	11	16	23	41	167
15.5	18	12	9	9	1	13	36	1	8	21	4	22	154
16.5	8	7	9	8	4	10	30	8	3	19	10	22	138
17.5	10	15	18	28	7	9	28	9	7	14	9	10	164
18.5	4	7	23	15	13	12	44	35	12	12		2	179
19.5	3	3	13	21	26	8	34	24	17	10		3	162
20.5		2	3	27	15	7	12	7	21	5			99
21.5		2	4	2	7	6	4	11	5	4			45
22.5			6	1	3	8	1	8					27
23.5			3		2	11		4					20
24.5			1		1	5		1					8
25.5					2	2							4
26.5					2	1							3
Total	175	177	154	140	120	111	189	109	103	186	135	165	**1764**

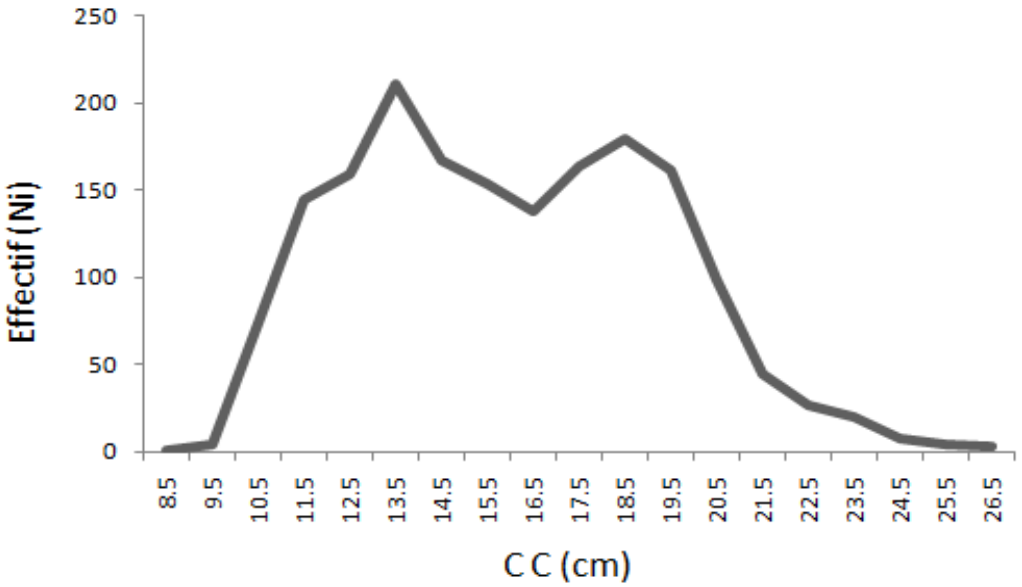


Figure 1. Distribution annuelle des fréquences de tailles.

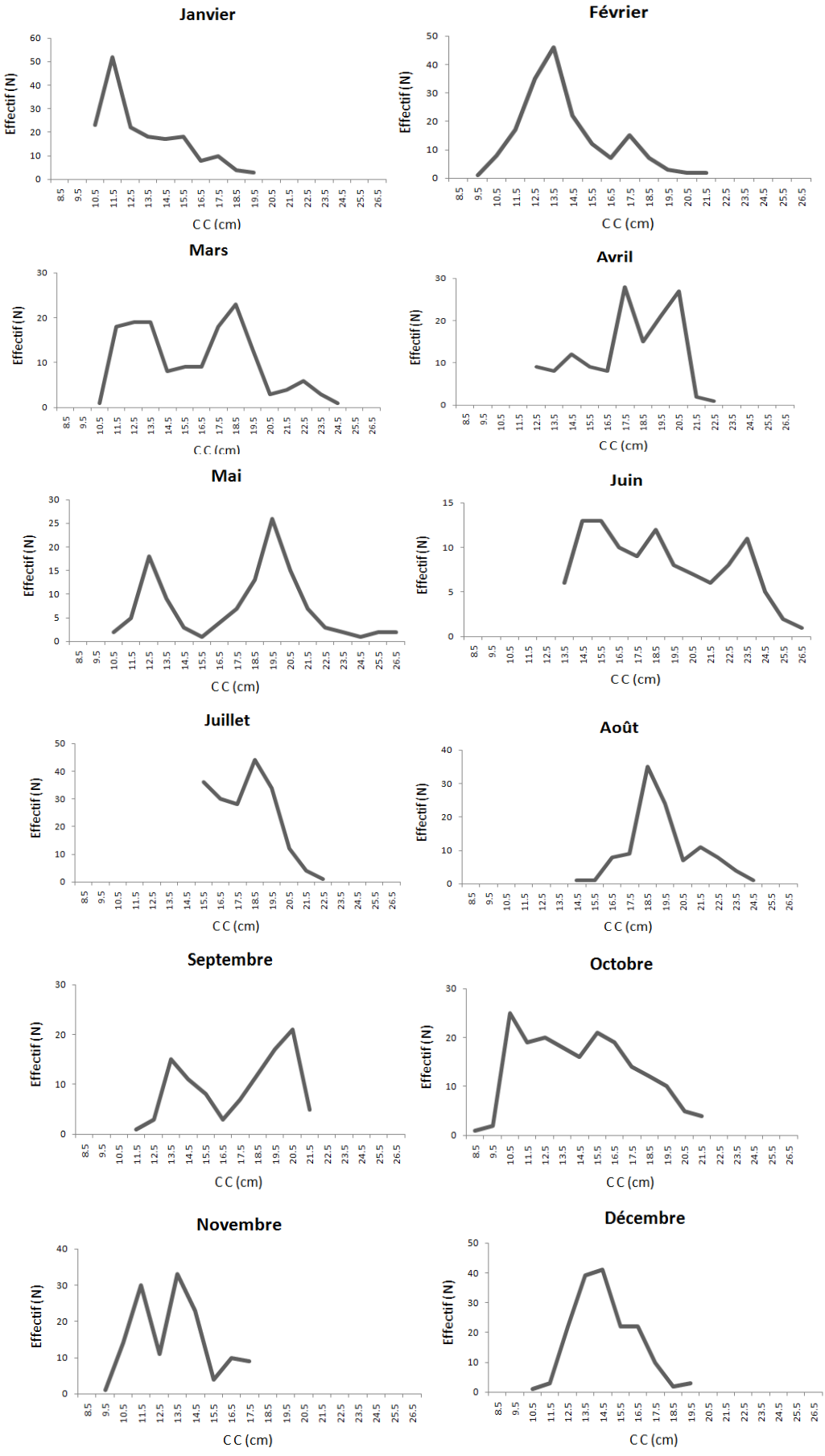


Figure 2. Distribution mensuelle des fréquences de tailles.

Tableau 2. Distribution des fréquences de tailles par sexe.

C C (cm)	N_i♀	N_i♂	N_i I*	N_i
8.5			1	1
9.5			4	4
10.5	8	9	57	74
11.5	40	33	72	145
12.5	66	66	27	159
13.5	114	81	16	211
14.5	106	58	3	167
15.5	91	63		154
16,5	94	44		138
17,5	75	89		164
18.5	108	71		179
19,5	110	52		162
20,5	67	32		99
21.5	31	14		45
22.5	19	8		27
23,5	15	5		20
24.5	5	3		8
25,5	4			4
26.5	3			3
Total	**956**	**628**	**180**	**1764**

**I : Indéterminés*

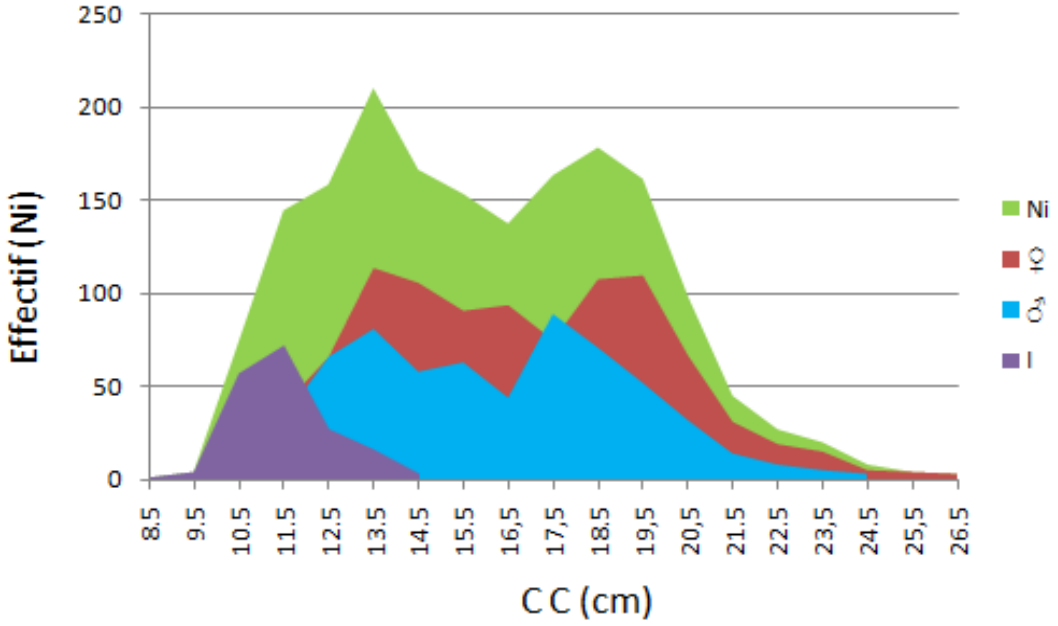


Figure 3. Distribution des fréquences de tailles de *S.aurita* du golfe de Annaba par sexe.

Tableau 3. Données d'entrée pour le calcul des paramètres **a** et **b** de la relation d'allométrie.

N°	Taille (cm)	W_i (g)	N°	Taille (cm)	W_i (g)	N°	Taille (cm)	W_i (g)	N°	Taille (cm)	W_i (g)
1	8.2	3.56	40	13.5	14.99	79	17.4	34.64	118	21.3	60.53
2	9.6	5.19	41	13.6	15.65	80	17.5	34.65	119	21.4	63.77
3	9.8	5.83	42	13.7	15.67	81	17.6	34.39	120	21.5	65.9
4	9.9	5.92	43	13.8	16.26	82	17.7	36.02	121	21.6	64.44
5	10	6.2	44	13.9	16.49	83	17.8	34.49	122	21.7	69.21
6	10.1	6.54	45	14	17.61	84	17.9	36.26	123	21.8	67.43
7	10.2	6.33	46	14.1	16.75	85	18	38.34	124	21.9	74.45
8	10.3	6.86	47	14.2	17.44	86	18.1	40.15	125	22.1	73.54
9	10.4	6.78	48	14.3	17.58	87	18.2	39.87	126	22.2	74.31
10	10.5	6.48	49	14.4	18.17	88	18.3	39.3	127	22.3	71.07
11	10.6	7.03	50	14.5	18.95	89	18.4	40.87	128	22.4	74.46
12	10.7	7.42	51	14.6	18.95	90	18.5	42.12	129	22.5	76.06
13	10.8	7.43	52	14.7	19.84	91	18.6	42.1	130	22.6	76.9
14	10.9	7.57	53	14.8	20.38	92	18.7	42.17	131	22.7	77.73
15	11	8.05	54	14.9	21.02	93	18.8	42.59	132	22.8	78.39
16	11.1	8	55	15	20.62	94	18.9	43.14	133	22.9	82.61
17	11.2	8.05	56	15.1	21.36	95	19	45.89	134	23	82.49
18	11.3	8.08	57	15.2	22.56	96	19.1	42.77	135	23.1	80.96
19	11.4	8.8	58	15.3	22.43	97	19.2	44.33	136	23.3	87.88
20	11.5	9.18	59	15.4	23.04	98	19.3	47.08	137	23.4	87.57
21	11.6	9.62	60	15.5	24.05	99	19.4	46.3	138	23.5	89.18
22	11.7	9.89	61	15.6	23.89	100	19.5	47.74	139	23.6	85.13
23	11.8	9.82	62	15.7	23.93	101	19.6	47.55	140	23.7	89.06
24	11.9	9.78	63	15.8	25.44	102	19.7	48.1	141	23.8	92.54
25	12	10.53	64	15.9	24.86	103	19.8	50.58	142	23.9	92.11
26	12.1	11.47	65	16	25.33	104	19.9	49.64	143	24	92.44
27	12.2	11.23	66	16.1	26.62	105	20	52.08	144	24.2	93.24
28	12.3	11.69	67	16.2	26.68	106	20.1	50.35	145	24.3	93.65
29	12.4	11.61	68	16.3	26.88	107	20.2	55.34	146	24.6	105.85
30	12.5	11.56	69	16.4	27.06	108	20.3	55.29	147	24.7	98.94
31	12.6	11.88	70	16.5	28.3	109	20.4	54.21	148	25.3	99.56
32	12.7	12.08	71	16.6	28.52	110	20.5	56.31	149	25.4	114.89
33	12.8	12.52	72	16.7	29.95	111	20.6	59.11	150	25.8	115.69
34	12.9	13.23	73	16.8	30.95	112	20.7	57.04	151	26	122.13
35	13	13.36	74	16.9	31.42	113	20.8	58.19	152	26.7	113
36	13.1	13.44	75	17	32.75	114	20.9	58.39	153	26.9	118.19
37	13.2	14.3	76	17.1	33.48	115	21	55.69			
38	13.3	14.42	77	17.2	32.22	116	21.1	64.02			
39	13.4	14.46	78	17.3	33.43	117	21.2	56.71			

W_i : Poids éviscéré moyen des individus appartenant à la même taille.

Tableau 4. Distribution saisonnière des effectifs échantillonnés par sexe.

CC (cm)	Distribution hivernale				Distribution printanière				Distribution estivale				Distribution automnale			
	Ni	♀	♂	**I**	**Ni**	♀	♂	**I**	**Ni**	♀	♂	**I**	**Ni**	♀	♂	**I***
8.5													1			1
9.5	1			1									3			3
10.5	32	6	5	21	2	1		1					40	1	4	35
11.5	87	26	13	48	5	3		2	1		1		52	11	19	22
12.5	76	30	30	16	27	6	10	11	3	2	1		53	28	25	
13,5	83	51	23	9	23	8	8	7	15	9	6		90	46	44	
14.5	47	31	16		28	17	8	3	12	8	4		80	50	30	
15.5	39	27	12		23	8	15		45	25	20		47	31	16	
16,5	24	19	5		22	10	12		41	31	10		51	34	17	
17,5	43	25	18		44	16	28		44	15	29		33	19	14	
18.5	34	20	14		40	27	23		91	50	41		14	11	3	
19,5	19	13	6		55	45	10		75	43	32		13	9	4	
20,5	5	4	1		49	36	23		40	23	17		5	4	1	
21.5	6	4	2		15	12	3		20	12	8		4	3	1	
22.5	6	3	3		12	8	4		9	8	1					
23,5	3	1	2		13	11	2		4	3	1					
24.5	1		1		6	5	1		1		1					
25,5					4	4										
26.5					3	3										
Total	**506**	**260**	**151**	**95**	**371**	**220**	**147**	**24**	**401**	**229**	**172**	**0**	**486**	**247**	**178**	**61**

**I : Indéterminés*

Tableau 5. Pourcentage des individus matures (sexes confondus).

C C (cm)	% des individus Matures
8.5	0
9.5	0
10.5	0
11.5	0
12.5	0.2
13.5	0.42
14.5	0.7
15.5	0.86
16.5	0.89
17.5	0.94
18.5	0.97
19.5	1
20.5	1
21.5	1
22.5	1
23.5	1
24.5	1
25.5	1
26.5	1

Tableau 6. Données océanographiques du golfe de Annaba (Année: 2006) (Chaouch, 2007).

Mois	Paramètres physico-chimiques des eaux du golfe de Annaba			
	T* (°C)	**S***	**PH**	**O_2*** (%)
Janv	12.33	35.86	7.13	78.33
Fév	14.76	35.46	7.19	70.14
Mar	16.53	36.17	7.33	55.9
Avr	19.87	36.46	8.02	37.03
Mai	21.06	36.51	8.3	34.65
Jui	23.05	36.83	8.31	39.85
Juil	25.64	37.83	8.21	34.87
Août	26.79	38.23	8.24	33.01
Sept	25.14	37.87	8.13	39.68
Oct	18.06	37.14	8.15	52.02
Nov	15.74	36.75	7.3	54.39
Déc	11.66	36.2	7.25	77.78
Moyenne annuelle	**19.22**	**36.78**	**7.80**	**50.64**

*****

T : Température des eaux ;
S : Salinité ;
O_2 : Oxygène dissous.

Tableau 7. Données météorologiques du golfe de Annaba (Période : 1996- 2006) (ONM- Station Rabah Bitat, 2008).

Année	Pluviométrie (mm)	Température atmosphérique (°C)	Force du vent (m/s)
1996	62.43	17.79	3.75
1997	67.54	17.58	3.77
1998	66.06	17.78	3.85
1999	59.31	18.56	4.28
2000	44.47	17.91	3.73
2001	39.93	18.03	3.71
2002	58.29	17.78	3.84
2003	59.61	18.58	4.02
2004	70.85	18.25	3.82
2005	66.97	17.33	3.87
2006	48.71	17.88	3.78
Moyenne	**58.56**	**17.95**	**3.87**

Tableau 8. Données météorologiques du golfe de Annaba (Année: 2006) (ONM- Station Rabah Bitat, 2008).

Mois	Pluviométrie (mm)	Température atmosphérique (°C)	Force du vent (m/s)
Janv	131.20	9.80	3.70
Fév	72.60	10.90	3.90
Mar	45.00	13.30	4.70
Avr	15.30	16.70	3.90
Mai	26.10	18.10	3.70
Jui	7.60	22.20	4.10
Juil	1.50	25.80	3.80
Août	29.80	24.90	4.00
Sept	16.10	22.60	3.70
Oct	35.50	21.30	3.40
Nov	61.10	16.50	3.40
Déc	142.70	12.40	3.00
Moyenne	**48.71**	**17.88**	**3.78**

Tableau 9. Production de la sardinelle dans les pays Méditerranéens: 2000-2006 (FAO/FISHSTAT+, 2000).

(Unité : tonnes)

Année / Pays	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Algérie	20399	33748	24480	26397	22516	22942	23527
Egypte	19689	20037	12106	10270	12268	14976	14764
Tunisie	11800	12942	12465	11824	13531	12849	13619
Libye	9000	9000	8500	8200	7800	8000	8000
Espagne	7579	13555	7368	5968	3289	1636	3951
Maroc	726	1424	1732	1232	1260	652	770
Palestine	1250	950	1299	620	2080	928	500
Syrie	251	197	324	305	320	518	426
Total	**70694**	**91853**	**68274**	**64816**	**63064**	**62501**	**65557**
% Algérie	**28.86**	**36.74**	**35.86**	**40.73**	**35.7**	**36.71**	**35.89**

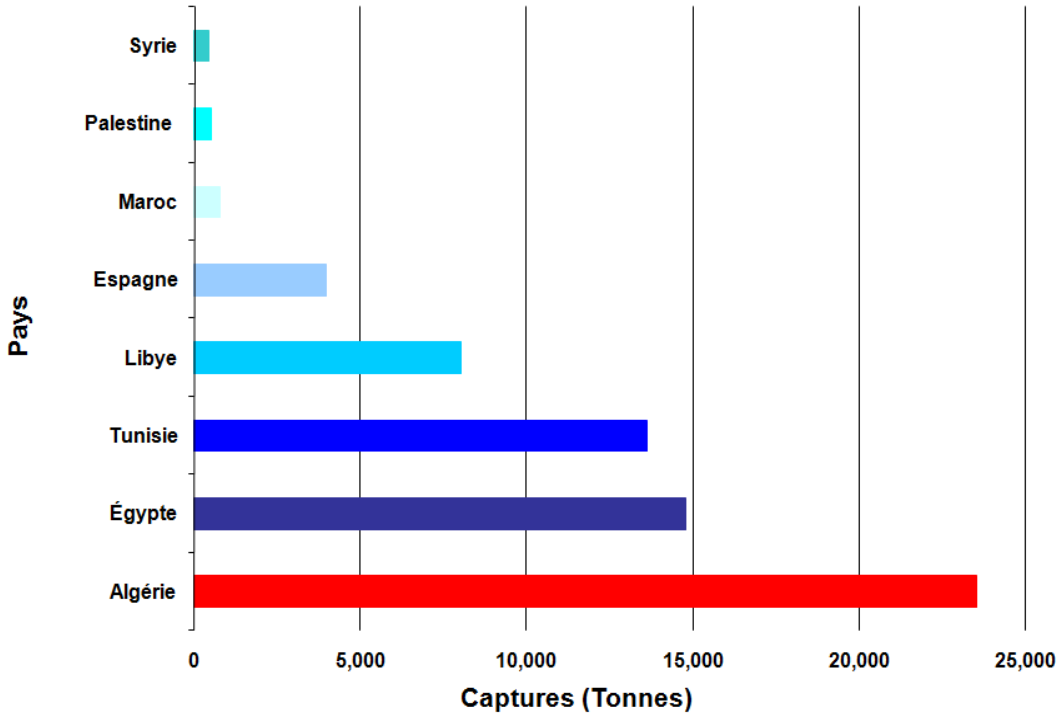


Figure 4. Captures par pays de la sardinelle en Méditerranée durant l'année 2006 (FAO/FISHSTAT+, 2000).

Tableau 10. Fiche de collecte des données de l'échantillonnage biologique.

Fiche d'Echantillonnage Biologique

Espèce : *Sardinella aurita* **Date :** ... /... / 2006
Port : Annaba (La Grenouillère) **Engin :** *Senne* ☐ *Chalut pélagique* ☐

N°	L_T (cm)	W_T (g)	W_{ev} (g)	Sexe (M, F ou I)	Stade de maturité (1à 4 chez ♂) (1à 5 chez ♀)	Observation
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						

Acronymes: L_T : longueur totale; **W_T :** poids total ; **W_{ev} :** poids éviscéré ; **M :** mâle; **F :** Femelle; et **I :** Indéterminé.

Tableau 11. Fiche de collecte des données de capture (enquête personnelle).

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA
Département des Sciences de la Mer

Données de Capture des Poissons « Petits Pélagiques »

- Nom et N° d'immatriculation du navire : …….....An……
- Type du navire : ……
- Type d'engin de pêche ……. * Année : ……..

En **Nbre de casiers ☐ **ou** *En **Tonnes** ☐ (cochez l'unité choisie)*

Espèce / **Mois**	Sardine	Allache « Latcha »	Chinchards « Saurels »	Anchois	Bogue « Vapa »	Maquereaux « Kavals »	**Total**
Janv							
Fév							
Mar							
Avr							
Mai							
Jui							
Juil							
Août							
Sep							
Oct							
Nov							
Déc							
Total							

Rempli par : M…… Fonction : ……

Tableau 12. Fiche de collecte journalière des statistiques de pêche (DPRHA).

Port: ***Annaba***				**Type de Métier :** ***Sardinier***							**Mois:** ***Avril***				**Année:** ***2006***		
J \Esp	Sar	All	Sau	Anc	Vop	Kav	Mul	Bon	Mel	Esp	Tho	ThoR	Dvr	TP (T)	NA	JA	OBS
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
TPD (T)																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
TPD (T)																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
TPD (T)																	
TPM (T)																	
TMJA																	
MMNA																	
NSM																	

Acronymes : *(de haut en bas)* **J** : Jour ; **Esp** : Espèce ; **TPD** : Total Production Décadaire ; **T** : Tonnes ; **TPM** : Total Production Mensuelle ; **TMJA** : Total Mensuel Jours Actifs ; **MMNA** : Moyenne Mensuelle Navires Actifs **; NSM** : Nombre Sorties Mensuelles ; *(de gauche à droite)* **Sar** : Sardine ; **All** : Allache (Sardinelles); **Sau** : Saurels (Chinchards) ; **Anc** : Anchois ; **Vop** : Vopa (Bogue) ; **Kav** : Kavals (Maquereaux) ; **Mul** : Mullets ; **Bon** : Bonites ; **Mel** : Melva (Bonitou) ; **Esp** : Espadon ; **Tho** : Thonine, **ThoR** : Thon Rouge ; **Dvr** : Divers ; **TP** : Total Production ; **NA** : Navire Actif ; **JA** : Jour Actif ; **OBS** : Observations