

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



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Hydrobiologie Appliquée

*Contribution à l'étude de la biologie et à l'estimation des paramètres
bioénergétiques des petits pélagiques du bassin Algérien : Sardina pilchardus
(Walbaum, 1792), Sardinella aurita (Valenciennes, 1847), Boops boops
(Linne, 1758) et Trachurus trachurus (Linnaeus, 1758).*

Par : **ITCHIR Rachida & MERINE Hadjer**

Soutenu le : 16/09/2018 à devant la commission de jury composé

Mme Chabaani N.	MAA	U. D. B. K. M.	Président
M. Rouabah K.	MCB	U. D. B. K. M.	Examineur
M. Kassar A.	MAA	U. D. B. K. M.	Examineur
Mme Boufersaoui S.	MCB	E.N.S.S.M.A.L.	Co-promotrice
Mme Handjar H.	MAA	U. D. B. K. M.	Promotrice

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

Nous voulons exprimer par ces quelques lignes notre gratitude envers tous ceux qui par leur présence, leur soutien et leur disponibilité, nous ont aidé à accomplir ce travail

Nous adressons nos respectueux remerciements aux membres du jury qui nous font l'honneur de participer à l'évaluation de ce travail :

***Mme Chabaani N** sa disponibilité bienveillante, en dépit de ses nombreuses occupations, d'accepté de présider ce jury.*

***M. Rouabah A** pour sa disponibilité et de nous faire l'honneur d'évaluer ce modeste travail, ses conseils nous seront très précieux.*

***M. Kassar A** pour avoir pris le temps d'examiner ce travail, et d'apporter ses critiques constructives.*

***Mme Boufersaoui S** d'avoir accepté de nous encadrer surtout de nous avoir fourni les outils nécessaires pour notre réussite on vous sera infiniment reconnaissantes.*

***Mme Handjar H** qui a bien accepté de diriger ce travail, et qui n'a cessé de prodiguer ses conseils judicieux et permanents tout au long du travail qui nous ont été d'une aide précieuse.*

***Mr Brahmi B** Pour son accueil et sa disponibilité dans le laboratoire halieutique de Sidi Fredj, et pour le soutien technique.*

Un grand merci à nos parents, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien, ils nous ont permis de réaliser les études que nous voulions et par conséquent ce mémoire. Sans oublier de remercier nos familles nos frères, nos sœurs, nos amis et nos collègues qui nous ont apporté leur aide et leur soutien. Ainsi que nos petites nièces.

*Nous remercions aussi, **Mme Chabet Dis C, Khaled A, KHoudja I et Mer El-fertass S** Ingénieur d'état, qui nous ont fourni du soutien moral et des encouragements continuels tout au long de notre parcours universitaires.*

*Il nous est particulièrement agréable d'exprimer notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements et gratitude à **Mme Bensmail S.** et **Ferhani K.** Attachée de recherche au CNRDPA.*

*Enfin nos remerciements les plus sincères vont également à tous nos collègues de notre promotion de fin d'études et surtout spécialement, **Mme Aouina Ibtissem** et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Résumé

La présente étude a pour objectif principal d'estimer les paramètres bioénergétiques par un nouveau modèle (DEB) qui détermine le lien environnement-individu. Nous apportons tout d'abord une actualisation sur les aspects principaux de la biologie (âge, croissance et reproduction), classiquement utilisée en halieutique sur quatre espèces des petits pélagiques: *S. pilchardus*, *S. aurita*, *B. boops* et *T. trachurus* dans la région algérienne (Méditerranée du Sud-Ouest).

Un total de 1299 spécimens des espèces étudiées dont 320 individus de la sardine ; 296 individus de l'allache ; 364 individus de la bogue et 319 individus du saurel ont été échantillonnées entre février et août 2018.

La sardine, la sardinelle, la bogue et le saurel ont aboutis respectivement des longévités maximales de 05 ans, de 07 ans, de 08 ans et de 09 ans, et des équations de croissance linéaire de Von Bertalanffy : $L_t = 19.33 (1 - e^{-0.396(t+0.47)})$, $L_t = 30.59 (1 - e^{-0.33(t+0.5)})$, $L_t = 33.95 (1 - e^{-0.165(t+1)})$, $42.71 (1 - e^{-0.19(t+0.809)})$. L'allométrie entre le poids et la taille de la sardine est majorante, de la sardinelle est isométrie et de la bogue et le saurel l'allométrie est minorante. Le sex-ratio était globalement en faveur des mâles. La taille de première maturité sexuelle est égale à 13.25 cm, 14.4 cm, et à 16 cm respectivement pour *S. pilchardus*, *S. aurita*, et *T. trachurus*. La fécondité absolue moyenne est de 6856 ± 1614 ovocytes chez la sardine, 34349 ± 6468 ovocytes chez la bogue et de 38392 ± 12395 ovocytes chez le saurel.

Les paramètres bioénergétiques estimés par le modèle DEB sont :

Le coefficient de forme $\delta M = 0.23$ pour la sardine, bogue et saurel, et de 0.19 pour l'allache. Chez les quatre espèces, l'efficacité de digestion $\kappa X = 0.8$; le coût d'entretien somatique $[PM] = 14.031 \text{ J cm}^{-3}$; La valeur $\kappa = 0.9$ Ainsi que $\kappa R = 0.95$.

L'énergie stockée dans les tissus pour l'anabolisme $[EG] = 51981 \text{ J cm}^3$ chez la sardinelle et de 52381 J cm^3 chez les autres trois espèces.

Mots clés : Algérie, biologie, âge, croissance, reproduction, fécondité, bioénergétique, théorie Dynamic Energy Budget (DEB), environnement, *Sardina pilchardus*, *Sardinelle aurita*, *Boops boops*, *Trachurus trachurus*.

Abstract

The main objective of this study is to estimate bioenergetic parameters by a new model (DEB) that determines the environment-individual link. We first bring an update on the main aspects of biology (age, growth and reproduction), classically used in fisheries on four small pelagic species: *S. pilchardus*, *S. aurita*, *B. boops* and *T. trachurus* in the Algerian region.

A total of 1299 specimens of the species studied including 320 individuals of the sardine; 296 individuals of the allache; 364 individuals of the bug and 319 individuals of the saurel were sampled between February and August 2018.

The sardine, sardinella, bug and saurel respectively reached maximum longevities of 05 years, 07 years, 08 years and 09 years, and Von Bertalanffy's linear growth equations: $L_t = 19.33 (1 - e^{-0.396(t + 0.47)})$, $L_t = 30.59 (1 - e^{-0.33(t + 0.5)})$, $L_t = 33.95 (1 - e^{-0.165(t + 1)})$, $42.71 (1 - e^{-0.19(t + 0.809)})$. The allometry between weight and size of the sardine is majorante, sardinella is isometry and bug and saurel allometry is minor. The sex ratio was generally in favor of males. The size of first sexual maturity is equal to 13.25 cm, 14.4 cm, and 16 cm respectively for *S. pilchardus*, *S. aurita*, and *T. trachurus*. Mean absolute fecundity was 6856 ± 1614 oocytes in sardine, 34349 ± 6468 oocytes in the bug and 38392 ± 12395 oocytes in the saurel.

The bioenergetic parameters estimated by the DEB model are:

The form factor $\delta M = 0.23$ for sardine, bug and saurel, and 0.19 for allache. In all four species, digestion efficiency $\kappa X = 0.8$; the somatic maintenance cost $[PM] = 14.031 \text{ J cm}^{-3}$; The value $\kappa = 0.9$ As well as $\kappa R = 0.95$.

The energy stored in tissues for anabolism $[EG] = 51981 \text{ J cm}^3$ in sardinella and 52381 J cm^3 in the other three species.

Key words: Algeria, biology, age, growth, reproduction, fecundity, bioenergetics, Dynamic Energy Budget (DEB) theory, environment, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, *Boops boops*, *Trachurus trachurus*

ملخص

الهدف من هذا العمل هو حساب الخصائص البيوطاقوية باستخدام نموذج جديد (DEB), الذي يوضح العلاقة بين الفرد والبيئة. قبل هذا, نجدد المعارف البيولوجية الهامة (عمر, نمو و تكاثر) التي تستعمل منذ القدم في علوم الصيد البحري عند الأسماك الأربعة الصغيرة: السردين (*Sardina pilchardus*), الاتشة (*Sardinella aurita*), بوبس بوبس (*Boops boops*) و الخريز (*Trachurus trachurus*) في المنطقة الجزائرية (جنوب غرب البحر الأبيض المتوسط).

تم اخذ عينات من مجموعة 1299 عينة من الأصناف المدروسة, منها 320 عينة من السردين, 296 عينة من الاتشة, 364 عينة من بوبس بوبس و 319 عينة من سمك الخريز بين فيفري و أوت 2018 .

السردين, الاتشة, بوبس بوبس و خريز على التوالي تسجل عمرا أقصى إلى 05 سنوات, 07 سنوات, 08 سنوات و 09 سنوات, و معادلة النمو الخطية لفون برتالونفي هي $L_t = 19.33 (1 - e^{-0.396(t+0.47)})$;

$$L_t = 42.71 (1 - e^{-0.19(t+0.809)}), L_t = 33.95 (1 - e^{-0.165(t+1)}), L_t = 30.59 (1 - e^{-0.33(t+0.5)})$$

النمو في الوزن اكبر من النمو في الطول عند السردين, و متساوي عند الاتشة أما بوبس بوبس و الخريز فالنمو في الطول اكبر من النمو في الوزن. سجلنا كذلك أن السيادة الجنسية لكل الأصناف المدروسة هي النسبة الذكورية.

يبلغ طول السمك في بداية تناسله 13.25 سم, 14.4 سم, و 16 سم, لكل من السردين, الاتشة, بوبس بوبس و الخريز على التوالي, و تقدر الخصوبة العامة ب 1614±6856 بيضة عند السردين, 6468±34349 بيضة عند بوبس بوبس و ب 12395±38392 بيضة عند الخريز.

الخصائص الطاقة الحيوية المحسوبة باستخدام النموذج الجديد (DEB) هي

معامل الشكل $\delta M = 0.23$ عند السردين, بوبس بوبس و الخريز, و تساوي 0.19 عند الاتشة.

عند جميع الاسماك المدروسة, كفاءة الهضم $\kappa X = 0.8$; كلفة الصيانة الجسدية $[PM] = 14.031 \text{ J cm}^{-3}$; القيمة $\kappa = 0.9$ و كذلك $\kappa R = 0.95$. الطاقة المخزنة لبناء النسيج $[EG] = 51981 \text{ J cm}^3$ عند الاتشة و تساوي 52381 J cm^3 عند الاسماك الثلاثة الأخرى.

الكلمات المفتاحية: الجزائر, العمر, البيولوجيا, النمو, التكاثر, الخصوبة, الطاقة-الحيوية, البيئة, *Dynamic Energy*

Sardina pilchardus, *Boops boops*, *Sardinelle aurita*, *Budget theory* (DEB)

Trachurus trachurus

Liste des figures

Figure 1. Carte du bassin algérien (Hemida, 2005).....	16
Figure 2. <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) du bassin Algérien.....	18
Figure 3. <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847) du bassin Algérien.....	19
Figure 4. <i>Boops boops</i> (Linné, 1758) du bassin Algérien	20
Figure 5. <i>Trachurus trachurus</i> (Linné, 1758) du bassin Algérien	20
Figure 6. Mensuration réalisée sur les individus échantillonnés	22
Figure 7. dispositif d'observation à partir du logiciel d'analyse d'images TSVIEW (version 6.2.3.5).....	28
Figure 8. Schémas conceptuel du flux d'énergie au travers d'un organisme, dans le modèle DEB, appliqué sur la sardine, l'allache, la boguette et le saurel	31
Figure 9. Distribution des polygones de fréquences de taille chez les espèces étudiées.....	36
Figure 10. Courbe de croissance linéaire théorique de Von Bertalanffy obtenue chez les espèces étudiées.....	42
Figure 11. Evolution du poids (Wt) en fonction de la taille (Lt) chez les espèces étudiées.	46
Figure 12. Taux de féminité (sex-ratio) en fonction de la taille chez les espèces étudiées..	51
Figure 13. Équations et ogive Équations et ogive de maturité par sexe pour les espèces étudiées.....	53
Figure 14. Aspect des ovocytes sous la loupe binoculaire chez les espèces étudiées (G×15)	57
Figure 15. Histogramme des fréquences du diamètre ovocytaire pour les quatre espèces... 57	57

Liste des tableaux

Tableau 1. Position systématique d'après Fischer <i>et al</i> , (1987).....	17
Tableau 2. Échelle macroscopique des stades de maturité sexuelle chez les mâles et femelles pour les quatre espèces.....	26
Tableau 3. Descriptin des différents paramètres de données à variation nulle.....	34
Tableau 4. Les paramètres statistiques descriptifs pour les quatre espèces obtenus par STATISTICA version 6.1 (StatSoft, 2003).....	36
Tableau 5. Clé âge-Longueur obtenues par al méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II : Gayanilo et al, 2005) pour toute les espèces étudiées	37
Tableau 6. Clé âge-longueur de <i>S.pilchardus</i> dans diverses régions.....	39
Tableau 7. Clé âge-longueur de <i>S.aurita</i> dans diverses régions	39
Tableau 8. Clé âge-longueur de <i>B.boops</i> dans diverses régions.....	40
Tableau 9. Clé âge-longueur de <i>T.trachurus</i> dans diverses régions.....	40
Tableau 10. Paramètres obtenus par l'application de la méthode de Powell wetherall (1979)	41
Tableau 11. valeurs obtenues pour t_0 chez les quatre espèces.....	41
Tableau 12. Paramètres de croissance de <i>S.pilchardus</i> dans diverses régions	Error!
Bookmark not defined.	
Tableau 13. Paramètres de croissance de <i>S.aurita</i> dans diverses régions.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Tableau 14. Paramètres de croissance de <i>B.boops</i> dans diverses régions.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Tableau 15. Paramètres de croissance de <i>T.trachurus</i> dans diverses régions	Error!
Bookmark not defined.	
Tableau 16. Relations taille-poids chez les quatre espèces ..	Error! Bookmark not defined.
Tableau 17. Les équations de la croissance pondérale chez les quatre espèces	Error!
Bookmark not defined.	
Tableau 18. Paramètres de la relation taille - poids et le poids asymptotique chez <i>S.pilchardus</i> dans diverses régions	Error! Bookmark not defined.
Tableau 19. Paramètres de la relation taille - poids et le poids asymptotique chez <i>S.aurita</i> dans diverses régions	Error! Bookmark not defined.
Tableau 20. Paramètres de la relation taille – poids et le poids asymptotrique chez <i>B.boops</i> dans diverses régions	Error! Bookmark not defined.

Tableau 21. Paramètres de la relation taille - poids et le poids asymptotique chez <i>T. trachurus</i> dans diverses régions	49
Tableau 22. Répartition des effectifs chez les espèces étudiées.....	49
Tableau 23. Les différents types de gonades observées. Barre d'échelle = 1 cm.	49
Tableau 25. sex-ratio globale chez les espèces étudiées. (DS : Différence significative ; DNS : Différence non significative).....	50
Tableau 26. Tailles à la première reproduction chez les trois espèces Error! Bookmark not defined.	
Tableau 27. Tailles à la première reproduction (L _{tm50}) chez <i>S. pilchardus</i> selon la bibliographie.....	Error! Bookmark not defined. 4
Tableau 28. Tailles à la première reproduction chez <i>S. aurita</i> selon la bibliographie ...	Error! Bookmark not defined. 5
Tableau 29. Tailles à la première reproduction (L _{tm50}) chez <i>T. trachurus</i> selon la bibliographie.....	Error! Bookmark not defined. 6
Tableau 30. Valeurs extrêmes et nombre moyen d'ovocyte émis par femelles pour les quatre espèces	59
Tableau 31. Relations entre la fécondité absolue et les différents paramètres chez les espèces étudiées. (a,b : coefficients des équations ; R : coefficients de corrélation)	59
Tableau 32. Les paramètres bioénergétiques (DEB) des espèces étudiées	60

Table des matières

Introduction	13
--------------------	----

Chapitre I : Données générales

I.1. Présentation de la zone d'étude	16
I.1.1. Principales caractéristiques de la zone d'étude	16
I.2. Présentation des espèces étudiées	17
I.2.1. Position systématique et nom vernaculaire	17
I.2.2. Caractéristique distinctifs	17
I.2.2.1. <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	13
I.2.2.2. <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	Error! Bookmark not defined.
I.2.2.3. <i>Boops boops</i> (Linné, 1758)	19
I.2.2.4. <i>Trachurus trachurus</i> (Linné, 1758)	20

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Echantillonnage et traitement des échantillons	22
II.1.1. Mensurations et pesées	22
II.2. Etude de l'âge	22
II.3. Etude de la croissance	23
II.3.1. Croissance linéaire de von Bertalanffy (1938)	23
II.3.1.1. La méthode de Powell wetherall (1979) pour la détermination de L_{∞}	23
II.3.1.2. La méthode de Pauly et Munro (1984) pour estimer K	24
II.3.1.3. L'équation de Pauly (1985) pour l'estimation de l'âge hypothétique t_0	24
II.3.2. Croissance relative (Relation taille-poids)	24
II.3.3. Croissance pondérale	25
II.4. Etude de la reproduction	25
II.4.1. Etude de la maturité sexuelle	26
II.4.2. Proportion des sexes et sex-ratio global	8
II.4.3. Etude de la taille à la première reproduction	Error! Bookmark not defined.
II.4.4. Etude de la fécondité	Error! Bookmark not defined.
II.4.4.1. Diamètre ovocytaire	27
II.4.4.2. Fécondité absolue (individuelle)	28
II.5. Analyse statistique des données	29
II.5.1. Test d'allométrie	29

II.5.2. L'intervalles de confiance des pourcentages du sexe	30
II.5.3. L'intervalles de confiance d'une moyenne	30
II.5.4. Test de comparaison des pourcentages des sexes	30
II.6. Le modèle bioénergétique (DEB)	31
II.6.1. Estimation des paramètres du DEB	32
II.6.1.1. Zero variate data	32
II.6.1.2. Univariate data	33

Chapitre III : Résultats et disussions

III.1. Distribution desFréquences de tailles	Error! Bookmark not defined.
III.2. Etude de l'âge	37
III.2.1. Estimation de la clé âge-longueur	Error! Bookmark not defined.
III.3. Etude de la croissance	41
III.3.1. Détermination des paramètres de Croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) .	41
III.3.2. Croissance relative (Relation taille-poids)	45
III.3.3. Croissance pondérale de von Bertalanffy (1938)	47
III.4. Etude de la reproduction.....	49
III.4.1. Identification des sexes et stades de maturité sexuelle.....	49
III.4.2. Répartition des sexes	50
III.4.3. Taille à la première reproduction	51
III.4.4. La fécondité	56
III.4.4.1. Diamètre ovocytaire	56
III.4.4.2. Fécondité absolue (individuelle)	57
III. 5.1.Modèle bioénergétique DEB	60
III.5.1. Stratégies bioénergétiques des petits pélagiques	60
III.5.1.1. La taille et la forme.....	60
III.5.1.2. Alimentation et assimilation.....	61
III.5.1.3. Entretien	61
III.5.1.4. Fraction d'allocation à la croissance	62
Conclusion générales.....	63
Références bibliographiques	67
Annexe.....	82

Introduction générale

Introduction générale

La recherche en halieutique nécessite le rassemblement des données. 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 qu'il doit rassembler pour décrire sa pêcherie (Holden et Rait, 1974).

La Méditerranée est une mer riche en stocks plurispécifiques et spécialement en petits pélagiques. Ces derniers constituent un potentiel halieutique important le long des côtes algériennes. Ils sont constitués de sardine *Sardina pilchardus*, l'allache ou sardinelle ronde *Sardinella aurita*, la bogue *Boops boops*, la saurel *Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus*, le maquereau *Scomber scombrus*, *Scomber japonicus* et l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Mezedjri, 2008).

L'estimation des paramètres de croissance est un élément essentiel pour l'application des modèles halieutiques afin de déterminer l'état d'un stock donné. L'équation de croissance de von Bertalanffy est le descripteur le plus généralement utilisé de la croissance (Charnov, 1993). Bien que cette équation ait été établie après des prétentions physiologiques, des conditions environnementales n'ont pas été prises en considération. Par conséquent, nous devons corriger pour l'effet sur l'environnement à combiner les données et évaluer les paramètres de von Bertalanffy qui décrivent le potentiel de croissance d'une personne moyenne dans un environnement donné.

La théorie dynamique du budget d'énergie (DEB) fournit un cadre conceptuel et quantitatif à tous les deux interpréter physiologiquement les paramètres de von Bertalanffy et refléter l'effet physiologique de la température et de la nourriture sur les cadences et l'approvisionnement en énergie respectivement (Kooijman, 2000).

En Algérie Plusieurs études ont porté sur la détermination de certains paramètres biologiques (Age, croissance, reproduction) et l'évaluation des stocks des petits pélagiques entre autres : Korichi(1988), Djabali et al. (1993), Belhouas et Abderrahim (1997), Brahmi (1998), Zeghdoudi (2006), Bouaziz (2007), Charef-belifa (2009), Belouahem (2010), Kherraz (2011) et Bouaziz et al. (2014), Benina (2015), Bouhali (2016). Par contre aucune

étude n'a été effectuée pour l'interprétation physiologique des paramètres de l'équation de von Bertalanffy afin d'expliquer les différences de croissance d'une même espèce dans des environnements différents.

Cette étude est la première en Algérie qui est basée sur les paramètres bioénergétiques estimés à l'aide du programme DEB tool pour décrire le potentiel physiologique de croissance en fonction de la température.

Le but de ce travail est d'estimer les paramètres bioénergétiques par un nouveau modèle (DEB) qui détermine le lien environnement-individu ; comprendre l'effet environnemental (température et nourriture) vécu par un individu sur : L'énergie disponible pour la reproduction et la fécondité; ses conséquences sur la croissance, le développement et la survie des individus et de comparer les différentes stratégies bioénergétique entre les quatre espèces étudiées des petits pélagiques qui sont : la sardine (*Sardina pilchardus*), l'allache ou sardinelle (*Sardinella aurita*), la bogue (*Boops boops*) et le saurel (*Trachurus trachurus*) dans la région algérienne (Méditerranée du Sud-Ouest).

Cette étude contribuera aussi à l'actualisation des données bibliographiques existantes relatives à nos espèces dans notre milieu d'étude, en particulier ceux des structures de tailles, des paramètres de croissance de von Bertalanffy (1938), de la taille à la première maturité sexuelle et de la fécondité.

Pour mieux cerner l'objectif dans lequel s'inscrit ce sujet nous avons subdivisé notre travail en trois chapitres :

- Le premier chapitre fait référence à une synthèse bibliographique faisant le point sur notre zone d'étude et ses caractéristiques ainsi qu'une représentation de nos espèces d'étude.
- Le matériel et les méthodes utilisés dans l'étude de la biologie et le modèle de la théorie du budget énergétique dynamique (DEB, Kooijman, 1986) des petits pélagiques sont abordés dans un second chapitre.
- Le troisième chapitre concerne la présentation des résultats obtenus, qui sont discutés par rapport aux travaux réalisés sur les mêmes espèces dans d'autres écosystèmes selon la disponibilité bibliographique.

Chapitre I

Données générales

I.1. Présentation de la zone d'étude

La côte algérienne s'étend sur 1280 km, de 2° Ouest jusqu'à 9° Est. La superficie maritime sous juridiction nationale offre environ 10 millions d'hectares aux activités de pêche. Les bandes les plus larges (cotés occidentale et orientales) sont séparées par une zone centrale où les aires de pêche sont limitées (Hemida, 2005).

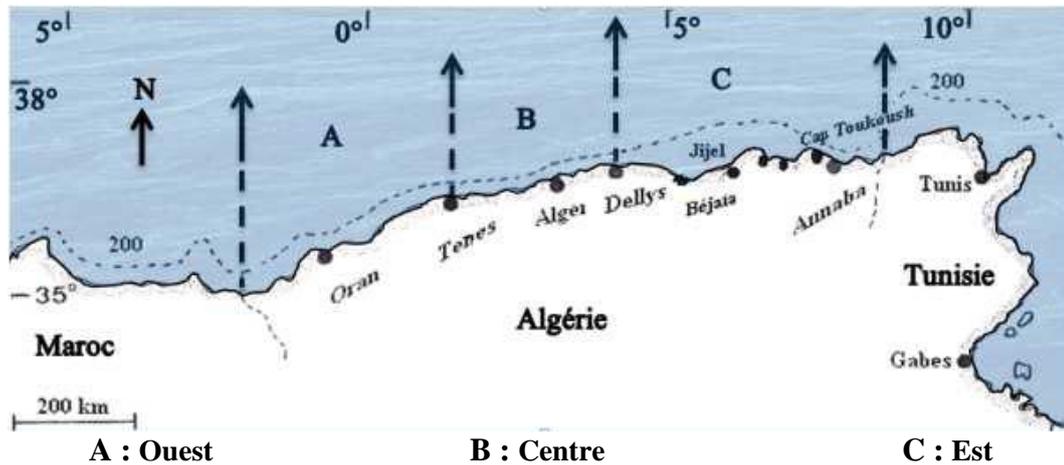


Figure 1. Carte du bassin algérien (Hemida, 2005).

Ainsi, on distingue au niveau du bassin algérien trois régions (figure 1) :

- région occidentale : de la frontière Algéro-Marocaine à l'Ouest jusqu'à Ténès à l'Est ;
- région centrale : de Ténès à Dellys ;
- région orientale : de Dellys jusqu'à la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est.

I.1.1. Principales Caractéristiques de la zone d'étude

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

Les différents secteurs de la côte sont caractérisés par un plateau continental très réduit, voire absent, ce dernier apparaît comme un plateau fragmenté et discontinu, il disparaît à la bordure des massifs montagneux côtiers ou des côtes élevées et il se développe près des côtes basses, comme c'est le cas des baies et des golfs. (Grimes et al., 2004).

Le climat est modéré généralement. La température minimale de l'air ne s'abaisse pas au-dessus de 0°C et la maximale ne dépasse pas 40°C. La moyenne annuelle de la température est de 20°C avec des moyennes mensuelles extrêmes de 28,5°C en mois d'Août et de 23°C en avril (Boutiba, 2004).

I.2. Présentation des espèces étudiées

I.2.1. Position systématique

Tableau 1. Position systématique d'après Fischer *et al.*, (1987)

Systématique	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>B. boops</i>	<i>T. trachurus</i>
Embranchement	Chordés			
S/Embranchement	Vertébrés			
Superclasse	Ostéichthyens (poissons osseux)			
Classe	Actinoptérygiens			
Superordre	Téléostéens			
Ordre	Clupéiformes		Perciformes	
Sous-ordre	Clupéoidés		Percoidés	
Famille	Clupéidés		Sparidés	Carangidés
Genre	<i>Sardina</i>	<i>Sardinella</i>	<i>Boops</i>	<i>Trachurus</i>
			Cuvier, 1814	Rafinesque, 1810
Espèce	<i>pilchardus</i>	<i>aurita</i>	<i>boops</i>	<i>trachurus</i>
	(Walbaum, 1792)	(Valenciennes, 1847)	Linné, 1758	Linné, 1758

I.2.2. Caractéristique distinctifs

I.2.2.1. *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

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

Selon Holden *et al.* (1974), la sardine possède un corps élancé; mâchoire légèrement saillante ; une carène ventrale peu développée ; opercule strié ; la nageoire dorsale est située en avant des pelviennes et la nageoire anale se caractérise par un allongement au niveau des deux derniers rayons. Le dos est de couleur bleu-vert, olive occasionnellement, les flancs dorés et le ventre argenté ; une rangée de tâches sombres se trouve le long de chaque flanc. Les écailles sont grandes, argentées, fragiles et ne s'étendent pas jusqu'à la tête (figure 2).

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

La période de reproduction est très étalée dans le temps, elle atteint un maximum au printemps, décline ensuite pour reprendre en automne et en hiver (Monfort et Vallet, 2008).



Figure 2. *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) du bassin algérien.

I.2.2.2. *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847)

Espèce pélagique côtière, rencontrée 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. Remonte en surface pendant la nuit (Witehead, 1985).

D'après Fisher et *al.*(1987), la sardinelle présente un corps allongé, généralement de section arrondi ;opercule lisse; bouche terminale; mâchoire supérieure arrondie; 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; le 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; dorsale jaune plus ou moins foncé; pectorales jaune pâle moucheté de brun; caudale jaune très clair près de la base, le reste sombre avec les pointes très foncées ou noires (figure3).

Se nourrit essentiellement de zooplancton (surtout de copépodes), de larves et alevins de poissons mais aussi de phytoplancton. Se reproduit pendant toute l'année dans les eaux superficielles mais surtout de mi-juin à fin septembre en Méditerranée (FAO, 1987).

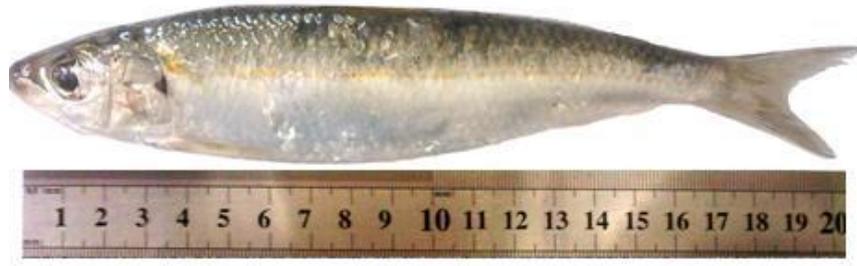


Figure 3. *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) du bassin algérien.

I.2.2.3. *Boops boops* (Linné, 1758)

Espèce démersale à épipelagique au-dessus du plateau continental sur tous les fonds (sable, vase, roches, herbiers). elle se déplace en groupes, peut remonter en surface, surtout la nuit (Fisher et al., 1987).

Selon Fisher et al. (1987), Bauchot et Pras (1980), la bogue possède corps fusiforme, peu élevé et très peu comprimé dans sa partie antérieure à section subcylindrique.; écaillure dorsale dépassant légèrement le niveau du bord postérieur de l'œil; bouche petite, oblique; lèvres très minces; toutes les dents incisiformes, en une seule rangée aux deux mâchoires; le dos bleuâtre ou verdâtre, flancs à reflets argentés ou dorés.; petite tache brune limitée à l'aisselle des pectorales; ligne latérale foncée; nageoires claires (figure 4).

La bogue est un poisson carnassier, omnivore et très vorace. Elle se nourrit d'algue, d'éponges, de petits crustacés...et aussi de plancton ; tandis que les jeunes sont carnivores (Djabali et al., 1987 ; Lawol, 1984 ; Fisher et al., 1987).

D'après Miniconi (1994), *B. boops* est une espèce hermaphrodite protogynique, la période de reproduction s'étale d'avril à juin.

Benina (2015) signale que la période de ponte diffère d'une région à l'autre, ce phénomène est dû à certains facteurs climatiques tels que la salinité et la température.



Figure 4. *Boops boops* (Linné, 1758) du bassin algérien.

I.2.2.4. *Trachurus trachurus* (Linné, 1758)

Espèce vivant en bancs, rencontrée fréquemment sur les fonds sableux à une profondeur de 100 à 200 m, mais parfois en eau plus profonde, jusqu'à 600 m environ; aussi pélagique et parfois près de la surface. Les jeunes cherchent à s'abriter sous les méduses et se mélangent souvent aux bancs de jeunes harengs (Fisher et *al.*, 1987).

D'après Bouchot et Pras (1980) et Fisher et *al.* (1987), Le saurel possède un corps allongé et légèrement comprimé; grands yeux avec une paupière adipeuse bien développée; mâchoire supérieure modérément large et s'étendant jusque sous le bord antérieur de l'œil; dents petites, Deux nageoires dorsales; écailles modérément petites et cycloïdes (lisses au toucher) sur tout le corps sauf une petite surface en arrière des pectorales ; le dos gris vert bleuâtre, ses flancs ont des reflets violacés et son ventre est argenté ; pas de marques distinctives sauf une petite tache noire sur le bord de l'opercule (figure 5).

Juveniles et adultes se nourrissent d'une grande variété de poissons, également de crustacés et de calmars. Reproduction de janvier à avril en Tunisie et s'étale de juin à août en Mer du Nord (FAO, 1987).



Figure 5. *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) du bassin algérien.

Chapitre II

Matériels et méthodes

II.1. Echantillonnage et traitement des échantillons

Dans le domaine des recherches halieutiques le mode de prélèvement des échantillons est une phase importante, car il n'est pas facile d'obtenir un échantillon qui soit représentatif de la population étudiée. Il constitue l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre pour le scientifique dans le but d'obtenir les paramètres biologiques (Daget et Guen, 1975).

Les prélèvements ont été réalisés durant une période de quatre mois de février à mai 2018 pour les quatre espèces étudiées, seulement pour *S. aurita* qui sont prolongés jusqu'à le mois d'août.

II.1.1. Mensurations et pesées

Aussitôt acheminé au laboratoire l'échantillon a fait l'objet de diverses mensurations (au millimètre près) à l'aide d'un ichthyomètre (Longueur totale « L_T » (Figure 6).

Le poids total (W_T), et celui des gonades (W_g) de chaque individu a été pris à l'aide d'une balance (précision de 0,001) g.

La dissection des spécimens nous a permis de déterminer le sexe et le stade de maturité des gonades qui est basé sur l'aspect macroscopique. Quelques gonades femelles sont fixées au liquide de Gilson pour le traitement de la fécondité.

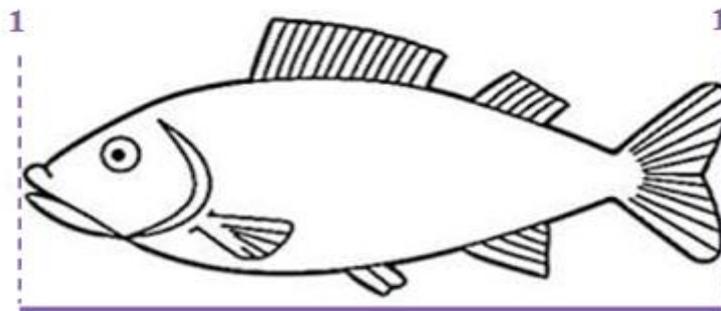


Figure 6. Mensuration réalisée sur les individus échantillonnés
(L_T : longueur totale '1-1')

II.2. Etude de l'âge

La détermination de l'âge d'un poisson est une donnée essentielle pour l'utilisation de nombreux modèles halieutiques (Korichi, 1988).

Pour la détermination de l'âge, nous avons opté pour une méthode indirecte c'est la méthode de Bhattacharya (1967) qui repose sur la décomposition d'une distribution totale en distributions normales distinctes (Sparre et Venema, 1996).

La méthode consiste à reporter sur un graphique des différences logarithmiques $\Delta \text{Ln} (Z)$ en fonction des classes de taille (*in* Korichi, 1988):

$$\Delta \text{Ln} (Z) = \text{Ln} Z (x+h) - \text{Ln} Z (x)$$

Avec :

- h : l'amplitude ou le pas ;
- x : centre de classe ;
- Z (x+h) et Z (x) : l'effectif de (x) et (x+h).

II.3. Etude de la croissance

Pauly (1985) définit la croissance comme étant un changement du poids, avec le temps, qui est le résultat net de deux processus opposés : l'un augmente le poids du corps (anabolisme), l'autre tend à le diminuer (catabolisme).

II.3.1. Croissance linéaire de von Bertalanffy (1938)

Le modèle de von Bertalanffy (1938) est largement utilisé en ichthyologie pour exprimer la croissance des adultes d'une population donnée (Chauvet, 1986). Ce modèle est l'un des fondements de la biologie des pêches dans la mesure où il sert à décrire la dynamique de la population des poissons. Où ce modèle mathématique exprime la longueur en fonction de l'âge (Sparre et Venema, 1996) et est représenté par la formule suivante :

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

Avec :

- L_t : Longueur du poisson au temps (âge) t ;
- K : Coefficient de croissance (catabolisme ou de courbure) ;
- L_{∞} : Longueur asymptotique quand t tend vers l'infini ;
- t_0 : Correspond à un âge théorique pour lequel la taille est nulle, or les larves ont une certaine taille à l'éclosion.

Pour notre étude, ces paramètres sont obtenus par :

II.3.1.1. La méthode de Powell wetherall (1979) pour la détermination de L_{∞}

Powell (1979), propose une application de l'équation de Beverton et Holt (1956) :

$$Z = K ((L_{\infty}-L_m) / (L_m -L'))$$

L_m : la longueur moyenne des poissons de longueur L' et plus.

L' correspond à la longueur au-delà de laquelle tous les poissons sont pleinement exploités.

Cette équation devient alors équivalente à l'équation (*) qui permet d'estimer L_{∞} et Z/K .

$$L_m - L' = a + b L' (*) \quad \text{où} \quad Z/K = - (1 + b) / b ; \quad L_\infty = -a / b$$

Ainsi, en portant sur un graphique $L_m - L'$ en fonction de L' on obtient une régression linéaire à partir de laquelle on peut estimer a et b et par conséquent L_∞ et Z/K . L'application de cette méthode est réalisée par le logiciel FISAT II version 1.2.0 (Gayaniolo *et al.*, 2005).

II.3.1.2. La méthode de Pauly et Munro (1984) pour estimer K

Cette méthode est basée sur l'étude comparative de la performance de croissance des poissons. Elle utilise la valeur de vitesse de croissance ϕ' calculée à partir des valeurs de L_∞ et K obtenus à l'aide d'autres travaux selon la relation :

$$\phi' = \text{Log}_{10} K + 2 \text{Log}_{10} L_\infty$$

Si on a les valeurs de ϕ' moyen et de L_∞ une première estimation de K est fournie :

$$K = 10^{\phi'_{\text{moy}} - 2 \text{Log}_{10} L_\infty}$$

II.3.1.3. L'équation de Pauly (1985) pour l'estimation de l'âge hypothétique t_0

Cette méthode permet d'estimer t_0 à partir de K et L_∞ en utilisant la formule suivante:

$$\text{Log}_{10} (- t_0) = - 0,3922 - 0,2752 \text{Log}_{10} L_\infty - 1,038 \text{Log}_{10} k$$

II.3.2. Croissance relative (Relation taille-poids)

La relation liant le poids d'un poisson à sa longueur est de forme exponentielle (Korichi, 1988), elle est décrite comme suit :

$$W_T = a \cdot L_T^b \quad \text{Ou :} \quad \text{Ln } W_T = b \text{Ln } L_T + \text{Ln } a$$

Avec :

- W_T : le poids total du poisson, ▪ L_T : la longueur totale du poisson,
- a et b sont les coefficients de croissance relative entre le poids et la longueur, sa valeur est souvent voisine de 3.
- Si $b = 3$ W et L ont le même taux de croissance (isométrie),
- Si $b < 3$ W croît moins vite que L (allométrie minorante),
- Si $b > 3$ W croît plus vite que L (allométrie majorante).

II.3.3. 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, l'équation de Von Bertalanffy (1934) avec sa combinaison avec la relation taille-poids. Cette relation de croissance pondérale s'écrira alors comme suit:

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

Avec :

- W_t : Poids à l'instant t en (g);
- W_{∞} : Poids asymptotique en (g);
- b : coefficient d'allométrie;
- k : coefficient de stress ($an-1$) de l'équation;
- t_0 : âge théorique en an de l'équation où la longueur de l'individu est nulle.

II.4. Etude de la reproduction

Le cycle de reproduction est un ensemble de processus physiologiques et comportementaux, en rapport avec divers facteurs biotiques et abiotiques de l'environnement. On distingue classiquement la gamétogenèse et la ponte (Boufersaoui, 2016).

II.4.1. Etude de la maturité sexuelle

L'un des aspects de l'étude du cycle reproducteur est la détermination des principaux stades de maturité des glandes sexuelles, laquelle est basée essentiellement sur trois critères d'ordre morphologique, pondéral et histologique (Kartas et Quignard, 1984).

Pour l'approche macroscopique des gonades (mâles, femelles) chez les quatre espèces on a adopté une échelle de maturation basée sur celle de Lamrini (1998), qui a été modifiée et réduit en cinq stades dans les travaux de Boufersaoui (2016) (tableau 2).

À côté de ces gonades au sexe bien individualisé, on trouve chez la bogue, comme pour d'autres Sparidés, des glandes présentant à l'état macroscopique les deux territoires testiculaire et ovarien collés l'un à l'autre, ce sont les hermaphrodites (Lamrini, 1998 ; Boufersaoui, 2016).

Après la détermination du sexe et des stades de maturité sexuelle, les ovaires en pré-ponte (Stade II avancé, III et IV) destinée à l'étude de la fécondité sont conservés dans des piluliers contenant du Gilson modifiée par Simpson (1951) (880 ml eau distillée ; 100 ml alcool 60%; 15 ml acide nitrique 80 %; 18 ml acide acétique glacial ; 20 g chlorure de mercure), ce liquide joue à la fois le rôle de conservateur et de dissociateur. En effet, le Gilson favorise le détachement des ovocytes de la paroi ovarienne suite à une simple agitation (Kartas et Quignard, 1984).

Tableau 2. Échelle macroscopique des stades de maturité sexuelle chez les mâles et femelles pour les quatre espèces.

Stade de maturité	Aspect macroscopique	
	Gonades femelles (ovaires)	Gonade mâles (testicules)
Stade I : ♀ et ♂ immatures	Les ovaires sont transparents, légèrement rosâtres filamenteux à membrane fine, la vascularisation est à peine visible.	Les testicules sont blanchâtres, avec une section ronde et quelques rares vaisseaux sanguins.
Stade II : ♀ et ♂ Initiation du cycle	Les ovaires sont moins transparents, mieux vascularisés, de coloration jaunâtre, les ovocytes y sont visibles à l'œil nu.	Les testicules sont blanc laiteux avec une section aplatie ne laissant écouler aucun liquide à l'incision.
Stade III : ♀ et ♂ Pleine maturation	Les ovaires sont jaune orangés et très gros, les ovocytes sont bien visibles avec une membrane cytoplasmique nette.	Les testicules sont plus volumineux, en lame de couteau, laissant écouler du sperme blanchâtre à l'incision et à la pression sur l'abdomen.
Stade IV : ♀ Ponte ♂ Émission du sperme	Les ovaires sont fortement vascularisés avec des ovules translucides parfaitement individualisés et expulsés à la moindre pression sur l'abdomen.	Les testicules sont gros et mous, libérant de la laitance avec de nombreux grumeaux.
Stade V : ♀ Post ponte ♂ Post émission	Les ovaires sont très vascularisés, vides et flasques, rouge foncé, présentant des tâches marron qui correspondent à des zones de sclérose ou à des ovocytes résiduels atrésiques.	Les testicules sont épuisés, richement vascularisés laissant écouler des traces de sperme donnant à l'organe un aspect de lait caillé.

II.4.2. Proportion des sexes et sex-ratio global

La proportion des sexes est une caractéristique de l'espèce dont les variations sont parfois en relation avec le milieu. La connaissance de ce paramètre permet l'évaluation de la fécondité potentielle d'un stock.

Le sex-ratio ou proportion des sexes s'exprime sous différentes formes (Quignard et Kartas, 1984). Dans un premier temps, nous avons calculé le Sex-ratio global qui est le rapport entre le nombre total de femelles et des mâles (F/M).

Par la suite, nous nous sommes intéressés à la répartition du taux de féminité ($F / (F+M) * 100$) en fonction de la taille. Il s'agit du pourcentage des femelles (F) par rapport à l'effectif total des mâles et des femelles (F+M) pour chaque classe de taille.

II.4.3. Taille à la première reproduction

La taille à la première maturité sexuelle correspond à la longueur pour laquelle 50% des individus sont matures pendant la période de reproduction (Fontana, 1969).

Pour la détermination de cette taille, les individus échantillonnés pendant la période de reproduction ont été répartis par classe de taille de 1 cm. Le pourcentage d'individus matures (stades III, IV, et V) est établi pour chaque classe de taille. Les couples taille-pourcentage d'individus matures sont ajustés à une courbe logistique selon Ghorbeletal.(1996) de type sigmoïde dont la formulation mathématique est la suivante :

$$P = 1 / (1 + e^{-(\alpha + \beta Lt)})$$

Avec :

- P = proportions d'individus matures ;
- Lt =longueur Totale (cm) ;
- α et β = constantes.

Après linéarisation de la fonction logistique, les tailles L_{Tm50} par sexe ont été déduites en calculant le rapport suivant : $L_{Tm50} = -\alpha / \beta$.

II.4.4. Etude de la fécondité

D'après Aboussouan et Lahaye (1979), la fécondité correspond au nombre d'ovocytes mûrs destinés à la ponte.

II.4.4.1. Diamètre ovocytaire

La mesure du diamètre ovocytaire permet de déterminer le type reproducteur pour nos espèces, pour savoir si la ponte se produit une fois ou bien il existe des pontes successives au cours d'un même cycle sexuel.

Après quelques jours de la conservation des ovocytes dans le Gilson appartenant à des femelles matures (stades II, III et IV), les ovaires sont dilacérés dans une boîte de Pétri ; un échantillon d'ovocytes est recueilli dans une autre boîte contenant quelques gouttes d'eau. Les œufs sont ensuite étalés délicatement et l'opération de prise des mesures sous loupe binoculaire munie d'une caméra reliée par une carte d'acquisition vidéo à un ordinateur disposant du logiciel d'analyse d'images TSVIEW (version 6.2.3.5). Le champ de vision de la loupe binoculaire,

affiché à l'écran, et alors numérisé. Le grossissement utilisé (grossissement Gx15) est calibré avec une lame micrométrique (figure7).

Notre but est d'éliminer les ovocytes immatures par un filtré qui n'ont pas destinées à l'étude de la fécondité et de déterminer certains paramètres (mode, étendue) de chaque lot d'ovocytes observés après une distribution des fréquences du diamètre des œufs, cela permet de suivre l'évolution des modifications volumétriques des ovocytes au cours de la maturation et de préciser les différents stades de maturité sexuelle chez les poissons (Harchouche, 2006).



Figure 7. Dispositif d'observation à partir du logiciel d'analyse d'images TSVIEW (version 6.2.3.5)

II.4.4.2. Fécondité absolue (individuelle)

Plusieurs méthodes de comptage par sous-échantillonnage sont proposées par Aboussouan et Lahaye (1979) : échantillonnage par surface, gravimétrique et volumétrique.

Pour la présente étude, Le comptage des ovocytes a été établi par la méthode d'échantillonnage gravimétrique.

La fécondité a été établie à partir de 43; 55 ; 28 femelles pour *S. pilchardus*, *B.boops*, *T. trachurus* respectivement au stade de maturité avancé (II, III et IV).

Après filtration, les ovocytes mûrs sont placés dans un papier absorbant, pesées (W_g). On pèse le plus petit poids possible des ovocytes (W_i) et on compte le nombre des ovocytes contenus dans ce fragment (N_i) sous une loupe binoculaire. On fait l'opération 3 fois pour chaque femelle et on calcule la moyenne W_m , N_m .

$$N_m = \frac{\sum_1^n N_i * W_i}{\sum_1^n W_i} \quad W_m = \frac{\sum_1^n W_i}{n}$$

Avec :

- n: nombre d'essais ;
- N_i : nombre d'ovocyte contenues dans le poids W_i ;
- N_m : nombre moyen d'ovocytes ;
- W_m : poids moyen des essais.

Après le comptage en fait convertir le nombre d'ovocytes au poids total de tous les ovocytes filtrés de la gonade par une simple opération :

$$F = N_{\text{ovocytes}} = \frac{N_m * W_g}{W_m}$$

Avec:

- F: la fécondité absolue d'une femelle (le nombre d'œufs pondus pendant une année) ;
- Wg: poids total des ovocytes ;
- Nm: nombre moyens des ovocytes contenus dans un poids moyen Wm.

Nous avons exprimé aussi la fécondité (F) en fonction de différents paramètres la longueur totale (L_T), le poids total (W_T) et le poids des ovaires (W_g) après les regroupées en classes. Des régressions de type linéaire et puissance sont testées, ensuite des équations sont établies par deux méthodes ; moindres carrées (MC) et moindres rectangles (MR).

II.5. Analyse statistique des données

II.5.1. Test d'allométrie

Le type d'allométrie est confirmé ou infirme par le test de t, base sur la comparaison entre une pente calculée P₀ et une pente théorique P, ce test a été établi selon l'équation suivante (Schwartz, 2006):

Test de Student :

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

- P₀: Pente b obtenue par moindre carrée ;
- p: Pente théorique égale à 3 ;
- S_x: Ecart-type de L_T = racine de la variance de (x= Ln L_T) ;
- S_y : Ecart-type de W_T = racine de la variance de (y= Ln W_T) ;
- n-2: Degré de liberté ddl ;
- α = 5 % t = 1.96 si n > 30 individus

$$S^2_{P_0} = \frac{\left(\frac{S_y}{S_x}\right)^2 - P_0^2}{n - 2}$$

t cal < t Différence non significative donc isométrie

t cal ≥ t Différence significative donc allométrie majorante

si b > 3 sinon allométrie minorante si b < 3.

II.5.2. L'intervalles de confiance des pourcentages du sexe

Les intervalles de confiance du taux de féminité ont été calculés au risque de 5% par la formule suivante (Schwartz, 2006):

$$IC = 2* [1.96/\sqrt{(p.q)/n}]$$

Avec :

- P: pourcentage des femelles ; ▪ q: pourcentage des mâles ;
- n: nombre total des individus échantillonnés.

La fraction $1.96/\sqrt{(p.q)/n}$ est appelée précision

II.5.3. L'intervalles de confiance d'une moyenne

Les intervalles de confiance des moyennes ont été calculés au risque de 5% par la formule suivante (Schwartz, 2006):

$$IC = 2 * [1.96 * \sigma / \sqrt{n-1}] \quad \text{ou on peut écrire aussi } IC : m \pm [1.96 * \sigma / \sqrt{n-1}]$$

Avec :

- m : moyenne ;
- n : nombre total des individus échantillonnés ;
- σ : écartype de la moyenne m ;

La fraction $1.96 * \sigma / \sqrt{n-1}$ est appelée précision.

II.5.4. Test de comparaison des pourcentages des sexes

Un test de comparaison à un risque $\alpha=5\%$, entre le pourcentage théorique et observé sert à vérifier les résultats d'un point de vu statistique (Schwartz, 2006).

$$|\varepsilon|_{\text{cal}} = \frac{p_0 - p}{\sqrt{\frac{p * q}{n}}}$$

- P0 : pourcentage observé (calculé) ;
- P.q : pourcentages théoriques = 50 ;
- n : effectif total.

- Si $|\varepsilon_{\text{cal}}| \leq 1,96$; différence non significative ;
- Sinon si $|\varepsilon_{\text{cal}}| > 1,96$; différence significative.

II.6. Le modèle bioénergétique (DEB)

La théorie dynamique du budget d'énergie (DEB) développée par le biomatheux Kooijman (2000) fournit un cadre conceptuel et quantitatif de la physiologie des petits pélagiques en fonction de la température et de la nourriture (Kooijman, 2000). Elle propose un formalisme du bilan énergétique d'un individu différent de ce qui est classiquement utilisé en halieutique (Brandt et Hartman, 1993; Winckle et al., 1997).

Cette théorie est basé sur des hypothèses majeures en partie à l'origine de son caractère générique et mécaniste. En effet, les processus d'acquisition d'énergie (ingestion, assimilation) sont proportionnels à une surface (ex : surface branchiale, surface du tube digestif, ...) alors que les processus d'utilisation et de maintenance sont proportionnels au volume de structure de l'organisme (ex : volume cellulaire, volume de l'organisme...) (Emmery, 2008).

Un organisme connaît trois stade surant son cycle vital, embryon , juvénile et adulte , il est donc, conceptuellement, composé de quatre compartiments correspondant aux quatre variables d'état du modèle : le volume de structure du corps V , l'énergie contenue dans les réserves E (qui comprend toutes les formes de réserves contenues dans l'organisme) et l'énergie allouée à la maturité E_H , et l'énergie allouée à la reproduction E_R (Figure 8).

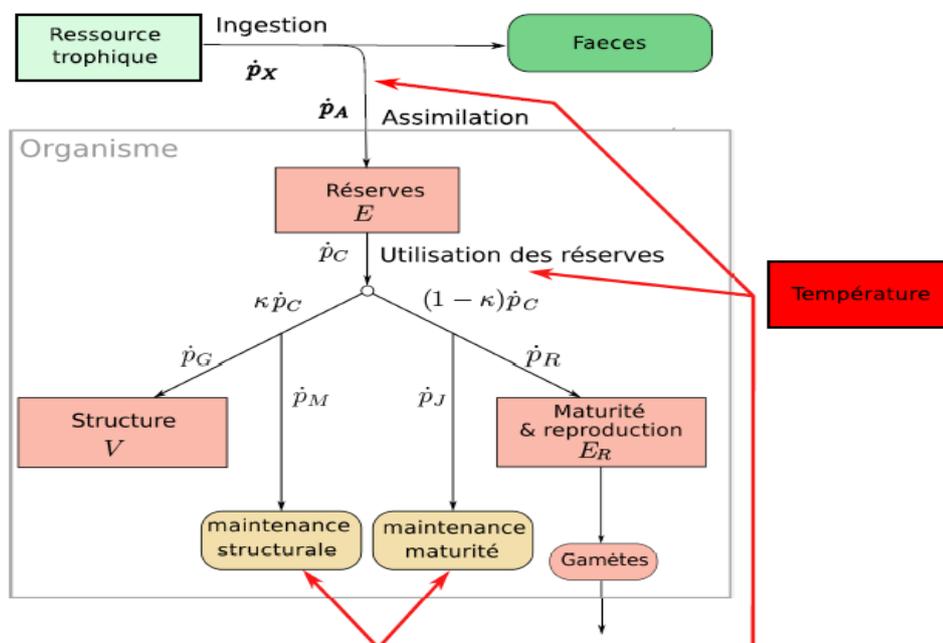


Figure 8. Schémas conceptuel du flux d'énergie au travers d'un organisme, dans le modèle DEB, appliqué sur la sardine, l'allache, la bogue et le saurel.

- La dynamique des réserves E en fonction du temps peut s'écrire de la manière suivante :

$$\frac{dE}{dt} = \dot{P}_A - \dot{P}_C$$

- \dot{P}_C : Le taux d'utilisation, appelé aussi flux catabolique ;
- \dot{P}_A : le taux d'assimilation surface-spécifique (J cm⁻² d⁻¹).

- La dynamique du volume de structure V en fonction du temps peut

$$\frac{dV}{dt} = (\kappa \dot{P}_C - \dot{P}_M) / [E_G]$$

- κ : «kappa» Fraction de l'énergie allouée à la croissance et reproduction ;
- \dot{P}_M : Le flux d'énergie alloué à la maintenance ;
- $[E_G]$: Coût de construction structural volume-spécifique (J cm⁻³).

- La dynamique des réserves énergétiques allouées à la maturité E_H, et à la reproduction E_R s'écrit de la façon suivante :

$$\frac{dE_H}{dt} = (1 - \kappa) \dot{P}_C - \dot{P}_J \qquad \frac{dE_R}{dt} = (1 - \kappa) \dot{P}_C - \dot{P}_J$$

- $[\dot{P}_J]$: Coûts de maintenance de la maturité.

II.6.1. Estimation des paramètres du DEB

Le tableau A.1 dans l'annexe A explique les paramètres du DEB.

Nous avons utilisés la méthode de la covariation décrite dans Lika et *al.* (2011 a, b) pour estimer les paramètres du DEB pour les espèces étudiées. Ces paramètres sont obtenus par le logiciel Matlab (version R2009b) (Matlab, version 7.9 (R2009b), 2009) (Kooijman et *al.*, 2008). Les routines DEBtool de la collection Add_my_pet (écrites en MATLAB) ont été utilisées pour estimer les paramètres DEB en utilisant deux types de données à savoir

II.6.1.1. Zero variate data

Le zéro variable des données (points de données uniques) comprennent les caractéristiques physiques générales (âge, longueur et poids humide) à des stades particuliers du développement des espèces étudiées: l'éclosion (âge, longueur et poids); la puberté (le moment où ils peuvent se reproduire); le stade adulte et également des informations sur l'indice gonado-somatique maximum (fraction de masse gonadique par rapport à d'autres tissus) trouvé dans le champ.

Il convient de souligner que quelques données sont difficile à déterminer telles que les données relatives à l'éclosion, ce manque d'information a été comblé à partir de la bibliographie (tableau 4).

II.6.1.2. Univariate data

Les données uni-variées comprennent les longueurs en fonction de l'âge (voir **III.2.1**) et les longueurs selon le poids (voir **III.3.2**.)

Tableau 3. Descriptin des différents paramètres de données à variation nulle

Paramètres	Description	Estimation				Références
		<i>S. pilchardus</i> ¹	<i>S. aurita</i> ²	<i>B. boops</i> ³	<i>T. trachurus</i> ⁴	
a_b	Age à la naissance (jour)	4	3	4	1.7292	1 : Ré et Meneses (2009) / 2: Berraho et <i>al.</i> (2012) / 3: (add_my_pet : http://www.bio.vu.nl/thb/deb/deblab/add_my_pet/Species.html) / 4: Ifremer (1964)
L_b	Longueur à la naissance (cm)	0.35	0.35	0.26	0.20	1 : Vodianitsky (1930) / 2 : Raffaele (1888) / 3 : Dekhnik (1973) / 4 : Podosinnikov et Chevelya (1985)
W_w^b	Poids à la naissance (g)	0.000091	0.00024384	0.00032	0.00010	Présente étude (relation taille-poids)
a_p	Age à la puberté (jour)	365	620.5	365	365	1 - 3 : Fisher et <i>al.</i> (1987) / 2 : Belouahem (2010) / 4 : Korichi (1988)
L_p	Longueur de la puberté (cm)	14.02	18.01	24.32	23.39	Présente étude (L_{Tm50})
W_w^p	Poids à la puberté (g)	19.76	40.62	133.26	104.66	Présente étude (relation taille-poids)
a_m	Longévité (jour)	1825	2555	2920	3285	Fishe.base (consultation août 2018)
L_i	Longueur ultime (cm)	18	29.1	33.4	35.2	Présente étude (taille maximale)
W_w^l	Poids ultime (g)	47.58	163.3	335	345.91	Présente étude (poids maximal)
R_i	Taux de reproduction ultime œufs/jour	98	111	326	375	1-2-3 : Présente étude / 2 : Bouaziz (2007) (fécondité maximale par jour)
T_a	Température	292.15	292.15	292.15	292.15	le capteur MODIS du satellite NASA (Moderate

d'Arrhenius (k)

Resolution Imaging Spectroradiometer)

Chapitre II

Matériels et méthodes

II.1. Echantillonnage et traitement des échantillons

Dans le domaine des recherches halieutiques le mode de prélèvement des échantillons est une phase importante, car il n'est pas facile d'obtenir un échantillon qui soit représentatif de la population étudiée. Il constitue l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre pour le scientifique dans le but d'obtenir les paramètres biologiques (Daget et Guen, 1975).

Les prélèvements ont été réalisés durant une période de quatre mois de février à mai 2018 pour les quatre espèces étudiées, seulement pour *S. aurita* qui sont prolongés jusqu'à le mois d'août.

II.1.1. Mensurations et pesées

Aussitôt acheminé au laboratoire l'échantillon a fait l'objet de diverses mensurations (au millimètre près) à l'aide d'un ichthyomètre (Longueur totale « L_T » (Figure 6).

Le poids total (W_T), et celui des gonades (W_g) de chaque individu a été pris à l'aide d'une balance (précision de 0,001) g.

La dissection des spécimens nous a permis de déterminer le sexe et le stade de maturité des gonades qui est basé sur l'aspect macroscopique. Quelques gonades femelles sont fixées au liquide de Gilson pour le traitement de la fécondité.

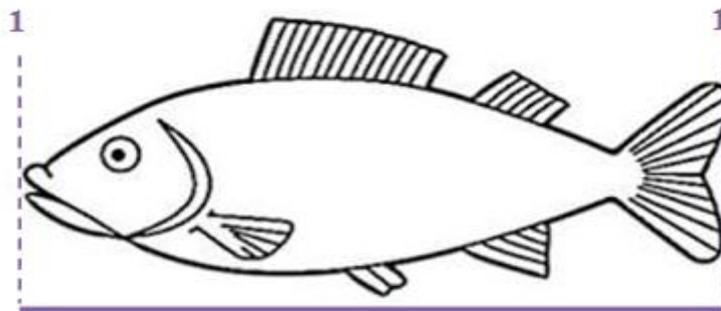


Figure 6. Mensuration réalisée sur les individus échantillonnés
(L_T : longueur totale '1-1')

II.2. Etude de l'âge

La détermination de l'âge d'un poisson est une donnée essentielle pour l'utilisation de nombreux modèles halieutiques (Korichi, 1988).

Pour la détermination de l'âge, nous avons opté pour une méthode indirecte c'est la méthode de Bhattacharya (1967) qui repose sur la décomposition d'une distribution totale en distributions normales distinctes (Sparre et Venema, 1996).

La méthode consiste à reporter sur un graphique des différences logarithmiques $\Delta \text{Ln} (Z)$ en fonction des classes de taille (*in* Korichi, 1988):

$$\Delta \text{Ln} (Z) = \text{Ln} Z (x+h) - \text{Ln} Z (x)$$

Avec :

- h : l'amplitude ou le pas ;
- x : centre de classe ;
- Z (x+h) et Z (x) : l'effectif de (x) et (x+h).

II.3. Etude de la croissance

Pauly (1985) définit la croissance comme étant un changement du poids, avec le temps, qui est le résultat net de deux processus opposés : l'un augmente le poids du corps (anabolisme), l'autre tend à le diminuer (catabolisme).

II.3.1. Croissance linéaire de von Bertalanffy (1938)

Le modèle de von Bertalanffy (1938) est largement utilisé en ichtyologie pour exprimer la croissance des adultes d'une population donnée (Chauvet, 1986). Ce modèle est l'un des fondements de la biologie des pêches dans la mesure où il sert à décrire la dynamique de la population des poissons. Où ce modèle mathématique exprime la longueur en fonction de l'âge (Sparre et Venema, 1996) et est représenté par la formule suivante :

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

Avec :

- L_t : Longueur du poisson au temps (âge) t ;
- K : Coefficient de croissance (catabolisme ou de courbure) ;
- L_{∞} : Longueur asymptotique quand t tend vers l'infini ;
- t_0 : Correspond à un âge théorique pour lequel la taille est nulle, or les larves ont une certaine taille à l'éclosion.

Pour notre étude, ces paramètres sont obtenus par :

II.3.1.1. La méthode de Powell wetherall (1979) pour la détermination de L_{∞}

Powell (1979), propose une application de l'équation de Beverton et Holt (1956) :

$$Z = K ((L_{\infty}-L_m) / (L_m -L'))$$

L_m : la longueur moyenne des poissons de longueur L' et plus.

L' correspond à la longueur au-delà de laquelle tous les poissons sont pleinement exploités.

Cette équation devient alors équivalente à l'équation (*) qui permet d'estimer L_{∞} et Z/K .

$$L_m - L' = a + b L' (*) \quad \text{où} \quad Z/K = - (1 + b) / b ; \quad L_\infty = -a / b$$

Ainsi, en portant sur un graphique $L_m - L'$ en fonction de L' on obtient une régression linéaire à partir de laquelle on peut estimer a et b et par conséquent L_∞ et Z/K . L'application de cette méthode est réalisée par le logiciel FISAT II version 1.2.0 (Gayaniolo *et al.*, 2005).

II.3.1.2. La méthode de Pauly et Munro (1984) pour estimer K

Cette méthode est basée sur l'étude comparative de la performance de croissance des poissons. Elle utilise la valeur de vitesse de croissance ϕ' calculée à partir des valeurs de L_∞ et K obtenus à l'aide d'autres travaux selon la relation :

$$\phi' = \text{Log}_{10} K + 2 \text{Log}_{10} L_\infty$$

Si on a les valeurs de ϕ' moyen et de L_∞ une première estimation de K est fournie :

$$K = 10^{\phi'_{\text{moy}} - 2 \text{Log}_{10} L_\infty}$$

II.3.1.3. L'équation de Pauly (1985) pour l'estimation de l'âge hypothétique t_0

Cette méthode permet d'estimer t_0 à partir de K et L_∞ en utilisant la formule suivante:

$$\text{Log}_{10} (- t_0) = - 0,3922 - 0,2752 \text{Log}_{10} L_\infty - 1,038 \text{Log}_{10} k$$

II.3.2. Croissance relative (Relation taille-poids)

La relation liant le poids d'un poisson à sa longueur est de forme exponentielle (Korichi, 1988), elle est décrite comme suit :

$$W_T = a \cdot L_T^b \quad \text{Ou :} \quad \text{Ln } W_T = b \text{Ln } L_T + \text{Ln } a$$

Avec :

- W_T : le poids total du poisson, ▪ L_T : la longueur totale du poisson,
- a et b sont les coefficients de croissance relative entre le poids et la longueur, sa valeur est souvent voisine de 3.
- Si $b = 3$ W et L ont le même taux de croissance (isométrie),
- Si $b < 3$ W croît moins vite que L (allométrie minorante),
- Si $b > 3$ W croît plus vite que L (allométrie majorante).

II.3.3. 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, l'équation de Von Bertalanffy (1934) avec sa combinaison avec la relation taille-poids. Cette relation de croissance pondérale s'écrira alors comme suit:

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

Avec :

- W_t : Poids à l'instant t en (g);
- W_{∞} : Poids asymptotique en (g);
- b : coefficient d'allométrie;
- k : coefficient de stress (an^{-1}) de l'équation;
- t_0 : âge théorique en an de l'équation où la longueur de l'individu est nulle.

II.4. Etude de la reproduction

Le cycle de reproduction est un ensemble de processus physiologiques et comportementaux, en rapport avec divers facteurs biotiques et abiotiques de l'environnement. On distingue classiquement la gamétogenèse et la ponte (Boufersaoui, 2016).

II.4.1. Etude de la maturité sexuelle

L'un des aspects de l'étude du cycle reproducteur est la détermination des principaux stades de maturité des glandes sexuelles, laquelle est basée essentiellement sur trois critères d'ordre morphologique, pondéral et histologique (Kartas et Quignard, 1984).

Pour l'approche macroscopique des gonades (mâles, femelles) chez les quatre espèces on a adopté une échelle de maturation basée sur celle de Lamrini (1998), qui a été modifiée et réduit en cinq stades dans les travaux de Boufersaoui (2016) (tableau 2).

À côté de ces gonades au sexe bien individualisé, on trouve chez la bogue, comme pour d'autres Sparidés, des glandes présentant à l'état macroscopique les deux territoires testiculaire et ovarien collés l'un à l'autre, ce sont les hermaphrodites (Lamrini, 1998 ; Boufersaoui, 2016).

Après la détermination du sexe et des stades de maturité sexuelle, les ovaires en pré-ponte (Stade II avancé, III et IV) destinée à l'étude de la fécondité sont conservés dans des piluliers contenant du Gilson modifiée par Simpson (1951) (880 ml eau distillée ; 100 ml alcool 60%; 15 ml acide nitrique 80 %; 18 ml acide acétique glacial ; 20 g chlorure de mercure), ce liquide joue à la fois le rôle de conservateur et de dissociateur. En effet, le Gilson favorise le détachement des ovocytes de la paroi ovarienne suite à une simple agitation (Kartas et Quignard, 1984).

Tableau 2. Échelle macroscopique des stades de maturité sexuelle chez les mâles et femelles pour les quatre espèces.

Stade de maturité	Aspect macroscopique	
	Gonades femelles (ovaires)	Gonade mâles (testicules)
Stade I : ♀ et ♂ immatures	Les ovaires sont transparents, légèrement rosâtres filamenteux à membrane fine, la vascularisation est à peine visible.	Les testicules sont blanchâtres, avec une section ronde et quelques rares vaisseaux sanguins.
Stade II : ♀ et ♂ Initiation du cycle	Les ovaires sont moins transparents, mieux vascularisés, de coloration jaunâtre, les ovocytes y sont visibles à l'œil nu.	Les testicules sont blanc laiteux avec une section aplatie ne laissant écouler aucun liquide à l'incision.
Stade III : ♀ et ♂ Pleine maturation	Les ovaires sont jaune orangés et très gros, les ovocytes sont bien visibles avec une membrane cytoplasmique nette.	Les testicules sont plus volumineux, en lame de couteau, laissant écouler du sperme blanchâtre à l'incision et à la pression sur l'abdomen.
Stade IV : ♀ Ponte ♂ Émission du sperme	Les ovaires sont fortement vascularisés avec des ovules translucides parfaitement individualisés et expulsés à la moindre pression sur l'abdomen.	Les testicules sont gros et mous, libérant de la laitance avec de nombreux grumeaux.
Stade V : ♀ Post ponte ♂ Post émission	Les ovaires sont très vascularisés, vides et flasques, rouge foncé, présentant des tâches marron qui correspondent à des zones de sclérose ou à des ovocytes résiduels atrésiques.	Les testicules sont épuisés, richement vascularisés laissant écouler des traces de sperme donnant à l'organe un aspect de lait caillé.

II.4.2. Proportion des sexes et sex-ratio global

La proportion des sexes est une caractéristique de l'espèce dont les variations sont parfois en relation avec le milieu. La connaissance de ce paramètre permet l'évaluation de la fécondité potentielle d'un stock.

Le sex-ratio ou proportion des sexes s'exprime sous différentes formes (Quignard et Kartas, 1984). Dans un premier temps, nous avons calculé le Sex-ratio global qui est le rapport entre le nombre total de femelles et des mâles (F/M).

Par la suite, nous nous sommes intéressés à la répartition du taux de féminité ($F / (F+M) * 100$) en fonction de la taille. Il s'agit du pourcentage des femelles (F) par rapport à l'effectif total des mâles et des femelles (F+M) pour chaque classe de taille.

II.4.3. Taille à la première reproduction

La taille à la première maturité sexuelle correspond à la longueur pour laquelle 50% des individus sont matures pendant la période de reproduction (Fontana, 1969).

Pour la détermination de cette taille, les individus échantillonnés pendant la période de reproduction ont été répartis par classe de taille de 1 cm. Le pourcentage d'individus matures (stades III, IV, et V) est établi pour chaque classe de taille. Les couples taille-pourcentage d'individus matures sont ajustés à une courbe logistique selon Ghorbeletal.(1996) de type sigmoïde dont la formulation mathématique est la suivante :

$$P = 1 / (1 + e^{-(\alpha + \beta Lt)})$$

Avec :

- P = proportions d'individus matures ;
- Lt =longueur Totale (cm) ;
- α et β = constantes.

Après linéarisation de la fonction logistique, les tailles L_{Tm50} par sexe ont été déduites en calculant le rapport suivant : $L_{Tm50} = -\alpha / \beta$.

II.4.4. Etude de la fécondité

D'après Aboussouan et Lahaye (1979), la fécondité correspond au nombre d'ovocytes mûrs destinés à la ponte.

II.4.4.1. Diamètre ovocytaire

La mesure du diamètre ovocytaire permet de déterminer le type reproducteur pour nos espèces, pour savoir si la ponte se produit une fois ou bien il existe des pontes successives au cours d'un même cycle sexuel.

Après quelques jours de la conservation des ovocytes dans le Gilson appartenant à des femelles matures (stades II, III et IV), les ovaires sont dilacérés dans une boîte de Pétri ; un échantillon d'ovocytes est recueilli dans une autre boîte contenant quelques gouttes d'eau. Les œufs sont ensuite étalés délicatement et l'opération de prise des mesures sous loupe binoculaire munie d'une caméra reliée par une carte d'acquisition vidéo à un ordinateur disposant du logiciel d'analyse d'images TSVIEW (version 6.2.3.5). Le champ de vision de la loupe binoculaire,

affiché à l'écran, et alors numérisé. Le grossissement utilisé (grossissement Gx15) est calibré avec une lame micrométrique (figure7).

Notre but est d'éliminer les ovocytes immatures par un filtré qui n'ont pas destinées à l'étude de la fécondité et de déterminer certains paramètres (mode, étendue) de chaque lot d'ovocytes observés après une distribution des fréquences du diamètre des œufs, cela permet de suivre l'évolution des modifications volumétriques des ovocytes au cours de la maturation et de préciser les différents stades de maturité sexuelle chez les poissons (Harchouche, 2006).



Figure 7. Dispositif d'observation à partir du logiciel d'analyse d'images TSVIEW (version 6.2.3.5)

II.4.4.2. Fécondité absolue (individuelle)

Plusieurs méthodes de comptage par sous-échantillonnage sont proposées par Aboussouan et Lahaye (1979) : échantillonnage par surface, gravimétrique et volumétrique.

Pour la présente étude, Le comptage des ovocytes a été établi par la méthode d'échantillonnage gravimétrique.

La fécondité a été établie à partir de 43; 55 ; 28 femelles pour *S. pilchardus*, *B.boops*, *T. trachurus* respectivement au stade de maturité avancé (II, III et IV).

Après filtration, les ovocytes mûrs sont placés dans un papier absorbant, pesées (W_g). On pèse le plus petit poids possible des ovocytes (W_i) et on compte le nombre des ovocytes contenus dans ce fragment (N_i) sous une loupe binoculaire. On fait l'opération 3 fois pour chaque femelle et on calcule la moyenne W_m , N_m .

$$N_m = \frac{\sum_1^n N_i * W_i}{\sum_1^n W_i} \quad W_m = \frac{\sum_1^n W_i}{n}$$

Avec :

- n: nombre d'essais ;
- N_i : nombre d'ovocyte contenues dans le poids W_i ;
- N_m : nombre moyen d'ovocytes ;
- W_m : poids moyen des essais.

Après le comptage en fait convertir le nombre d'ovocytes au poids total de tous les ovocytes filtrés de la gonade par une simple opération :

$$F = N_{\text{ovocytes}} = \frac{N_m * W_g}{W_m}$$

Avec:

- F: la fécondité absolue d'une femelle (le nombre d'œufs pondus pendant une année) ;
- Wg: poids total des ovocytes ;
- Nm: nombre moyens des ovocytes contenus dans un poids moyen Wm.

Nous avons exprimé aussi la fécondité (F) en fonction de différents paramètres la longueur totale (L_T), le poids total (W_T) et le poids des ovaires (W_g) après les regroupées en classes. Des régressions de type linéaire et puissance sont testées, ensuite des équations sont établies par deux méthodes ; moindres carrées (MC) et moindres rectangles (MR).

II.5. Analyse statistique des données

II.5.1. Test d'allométrie

Le type d'allométrie est confirmé ou infirme par le test de t, base sur la comparaison entre une pente calculée P₀ et une pente théorique P, ce test a été établi selon l'équation suivante (Schwartz, 2006):

Test de Student :

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

- P₀: Pente b obtenue par moindre carrée ;
- p: Pente théorique égale à 3 ;
- S_x: Ecart-type de L_T = racine de la variance de (x= Ln L_T) ;
- S_y : Ecart-type de W_T = racine de la variance de (y= Ln W_T) ;
- n-2: Degré de liberté ddl ;
- α = 5 % t = 1.96 si n > 30 individus

$$S^2_{P_0} = \frac{\left(\frac{S_y}{S_x}\right)^2 - P_0^2}{n - 2}$$

t cal < t Différence non significative donc isométrie

t cal ≥ t Différence significative donc allométrie majorante

si b > 3 sinon allométrie minorante si b < 3.

II.5.2. L'intervalles de confiance des pourcentages du sexe

Les intervalles de confiance du taux de féminité ont été calculés au risque de 5% par la formule suivante (Schwartz, 2006):

$$IC = 2* [1.96/\sqrt{(p.q)/n}]$$

Avec :

- P: pourcentage des femelles ; ▪ q: pourcentage des mâles ;
- n: nombre total des individus échantillonnés.

La fraction $1.96/\sqrt{(p.q)/n}$ est appelée précision

II.5.3. L'intervalles de confiance d'une moyenne

Les intervalles de confiance des moyennes ont été calculés au risque de 5% par la formule suivante (Schwartz, 2006):

$$IC = 2 * [1.96 * \sigma / \sqrt{n-1}] \quad \text{ou on peut écrire aussi } IC : m \pm [1.96 * \sigma / \sqrt{n-1}]$$

Avec :

- m : moyenne ;
- n : nombre total des individus échantillonnés ;
- σ : écartype de la moyenne m ;

La fraction $1.96 * \sigma / \sqrt{n-1}$ est appelée précision.

II.5.4. Test de comparaison des pourcentages des sexes

Un test de comparaison à un risque $\alpha=5\%$, entre le pourcentage théorique et observé sert à vérifier les résultats d'un point de vu statistique (Schwartz, 2006).

$$|\varepsilon|_{\text{cal}} = \frac{p_0 - p}{\sqrt{\frac{p * q}{n}}}$$

- P0 : pourcentage observé (calculé) ;
- P.q : pourcentages théoriques = 50 ;
- n : effectif total.

- Si $|\varepsilon_{\text{cal}}| \leq 1,96$; différence non significative ;
- Sinon si $|\varepsilon_{\text{cal}}| > 1,96$; différence significative.

II.6. Le modèle bioénergétique (DEB)

La théorie dynamique du budget d'énergie (DEB) développée par le biomatheux Kooijman (2000) fournit un cadre conceptuel et quantitatif de la physiologie des petits pélagiques en fonction de la température et de la nourriture (Kooijman, 2000). Elle propose un formalisme du bilan énergétique d'un individu différent de ce qui est classiquement utilisé en halieutique (Brandt et Hartman, 1993; Winckle et *al.*, 1997).

Cette théorie est basé sur des hypothèses majeures en partie à l'origine de son caractère générique et mécaniste. En effet, les processus d'acquisition d'énergie (ingestion, assimilation) sont proportionnels à une surface (ex : surface branchiale, surface du tube digestif, ...) alors que les processus d'utilisation et de maintenance sont proportionnels au volume de structure de l'organisme (ex : volume cellulaire, volume de l'organisme...) (Emmery, 2008).

Un organisme connaît trois stade surant son cycle vital, embryon , juvénile et adulte , il est donc, conceptuellement, composé de quatre compartiments correspondant aux quatre variables d'état du modèle : le volume de structure du corps V , l'énergie contenue dans les réserves E (qui comprend toutes les formes de réserves contenues dans l'organisme) et l'énergie allouée à la maturité E_H , et l'énergie allouée à la reproduction E_R (Figure 8).

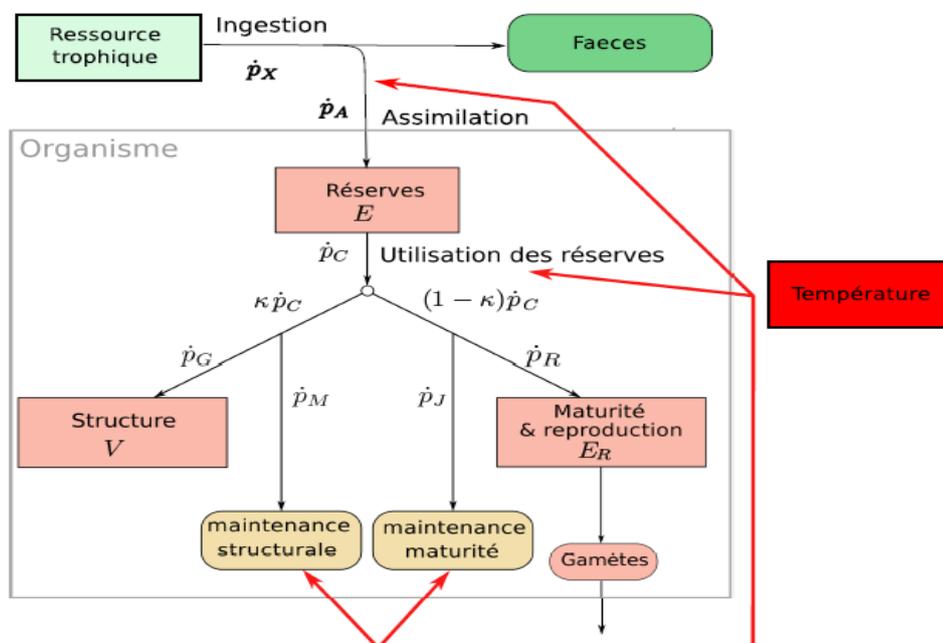


Figure 8. Schémas conceptuel du flux d'énergie au travers d'un organisme, dans le modèle DEB, appliqué sur la sardine, l'allache, la bogue et le saurel.

- La dynamique des réserves E en fonction du temps peut s'écrire de la manière suivante :

$$\frac{dE}{dt} = \dot{P}_A - \dot{P}_C$$

- \dot{P}_C : Le taux d'utilisation, appelé aussi flux catabolique ;
- \dot{P}_A : le taux d'assimilation surface-spécifique (J cm⁻² d⁻¹).

- La dynamique du volume de structure V en fonction du temps peut

$$\frac{dV}{dt} = (\kappa \dot{P}_C - \dot{P}_M) / [E_G]$$

- κ : «kappa» Fraction de l'énergie allouée à la croissance et reproduction ;
- \dot{P}_M : Le flux d'énergie alloué à la maintenance ;
- $[E_G]$: Coût de construction structural volume-spécifique (J cm⁻³).

- La dynamique des réserves énergétiques allouées à la maturité E_H, et à la reproduction E_R s'écrit de la façon suivante :

$$\frac{dE_H}{dt} = (1 - \kappa) \dot{P}_C - \dot{P}_J \qquad \frac{dE_R}{dt} = (1 - \kappa) \dot{P}_C - \dot{P}_J$$

- $[\dot{P}_J]$: Coûts de maintenance de la maturité.

II.6.1. Estimation des paramètres du DEB

Le tableau A.1 dans l'annexe A explique les paramètres du DEB.

Nous avons utilisés la méthode de la covariation décrite dans Lika et *al.* (2011 a, b) pour estimer les paramètres du DEB pour les espèces étudiées. Ces paramètres sont obtenus par le logiciel Matlab (version R2009b) (Matlab, version 7.9 (R2009b), 2009) (Kooijman et *al.*, 2008). Les routines DEBtool de la collection Add_my_pet (écrites en MATLAB) ont été utilisées pour estimer les paramètres DEB en utilisant deux types de données à savoir

II.6.1.1. Zero variate data

Le zéro variable des données (points de données uniques) comprennent les caractéristiques physiques générales (âge, longueur et poids humide) à des stades particuliers du développement des espèces étudiées: l'éclosion (âge, longueur et poids); la puberté (le moment où ils peuvent se reproduire); le stade adulte et également des informations sur l'indice gonado-somatique maximum (fraction de masse gonadique par rapport à d'autres tissus) trouvé dans le champ.

Il convient de souligner que quelques données sont difficile à déterminer telles que les données relatives à l'éclosion, ce manque d'information a été comblé à partir de la bibliographie (tableau 4).

II.6.1.2. Univariate data

Les données uni-variées comprennent les longueurs en fonction de l'âge (voir **III.2.1**) et les longueurs selon le poids (voir **III.3.2**.)

Tableau 3. Descriptin des différents paramètres de données à variation nulle

Paramètres	Description	Estimation				Références
		<i>S. pilchardus</i> ¹	<i>S. aurita</i> ²	<i>B. boops</i> ³	<i>T. trachurus</i> ⁴	
a_b	Age à la naissance (jour)	4	3	4	1.7292	1 : Ré et Meneses (2009) / 2: Berraho et <i>al.</i> (2012) / 3: (add_my_pet : http://www.bio.vu.nl/thb/deb/deblab/add_my_pet/Species.html) / 4: Ifremer (1964)
L_b	Longueur à la naissance (cm)	0.35	0.35	0.26	0.20	1 : Vodianitsky (1930) / 2 : Raffaele (1888) / 3 : Dekhnik (1973) / 4 : Podosinnikov et Chevelya (1985)
W_w^b	Poids à la naissance (g)	0.000091	0.00024384	0.00032	0.00010	Présente étude (relation taille-poids)
a_p	Age à la puberté (jour)	365	620.5	365	365	1 - 3 : Fisher et <i>al.</i> (1987) / 2 : Belouahem (2010) / 4 : Korichi (1988)
L_p	Longueur de la puberté (cm)	14.02	18.01	24.32	23.39	Présente étude (L_{Tm50})
W_w^p	Poids à la puberté (g)	19.76	40.62	133.26	104.66	Présente étude (relation taille-poids)
a_m	Longévité (jour)	1825	2555	2920	3285	Fishe.base (consultation août 2018)
L_i	Longueur ultime (cm)	18	29.1	33.4	35.2	Présente étude (taille maximale)
W_w^l	Poids ultime (g)	47.58	163.3	335	345.91	Présente étude (poids maximal)
R_i	Taux de reproduction ultime œufs/jour	98	111	326	375	1-2-3 : Présente étude / 2 : Bouaziz (2007) (fécondité maximale par jour)
T_a	Température	292.15	292.15	292.15	292.15	le capteur MODIS du satellite NASA (Moderate

d'Arrhenius (k)

Resolution Imaging Spectroradiometer)

Chapitre III

Résultats et discussions

III.1. Distribution des Fréquences de tailles

Un groupement des effectifs a été établi pour la réalisation des distributions des fréquences de tailles avec un pas de 0.5 cm ; les polygones des fréquences de taille sont illustrés dans la figure ci-dessous. Le tableau 4 résume les paramètres statistiques estimés par le logiciel STATISTICA version 6.1 (StatSoft, 2003).

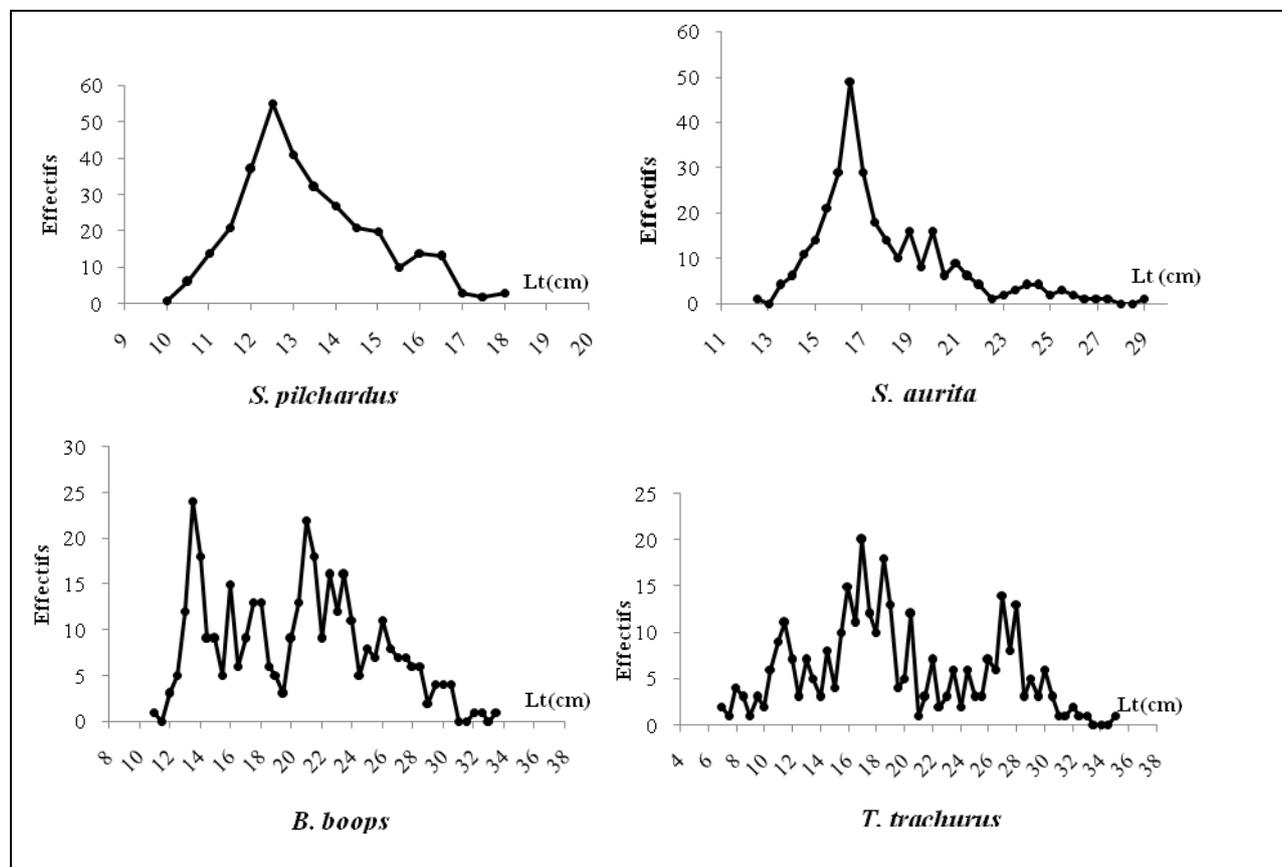


Figure 9. Distribution des polygones de fréquences de taille chez les espèces étudiées

Tableau 4. Les paramètres statistiques descriptifs pour les quatre espèces obtenus par STATISTICA version 6.1 (StatSoft, 2003)

Espèce	N Effectifs	Taille moyenne (cm)	Intervalle de confiance 5%	Taille minimale (cm)	Taille maximale (cm)	Variance	Ecart-type
<i>S. pilchardus</i>	320	13.39	± 0.18	9.80	18	2.62	1.62
<i>S. aurita</i>	296	17.90	± 0.33	12.40	29.10	8.27	2.88
<i>B. boops</i>	364	20.345	± 0.52	11	33.40	25.41	5.04
<i>T. trachurus</i>	319	19.32	± 0.68	6.80	35.20	38.58	6.21

D'après les résultats du tableau 4 et l'analyse des valeurs du polygone de fréquences de tailles, on constate que le plus grand nombre d'individus est capturé au centre de classe 12.5cm chez la sardine, 16.5 cm chez l'allache, aux 13.5 et 21 cm chez la bogue et aux centre de classe 17 et 18.5cm chez le saurel.

Pour l'allache et la bogue, on remarque l'absence des petits individus dans l'échantillon .Cette absence est peut être due à la période d'échantillonnage car les jeunes recrues devraient se trouver dans les débarquements en mois de décembre et janvier (Chali-Chabane, 1988).

Sidibe (2003), présume que la distribution de fréquence de taille d'une population donnée est la résultante de plusieurs facteurs qui agissent simultanément ou séquentiellement tel que le recrutement, la croissance, la mortalité, la sélectivité de l'engin et surtout la méthode d'échantillonnage utilisée.

III.2. Etude de l'âge

III.2.1. Estimation de la clé âge-longueur

Le traitement de la distribution de fréquence de taille par le FISAT II (Gayanilo *et al*, 2005) par la méthode de Bhattacharya (1967), nous fournit une clé âge-longueur pour chaque espèce qui dessine la structure démographique du stock (tableau 5), les figure A.1 à A.4 dans l'annexe A, représentent la décomposition en sous population pour les quatre espèces.

Tableau 5. Clé âge-longueur obtenues par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II : Gayanilo *et al.*, 2005)pour toute les espèces étudiées

Espèces		Classe d'âge								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>S. pilchardus</i>	Longueur (cm)	11.48	12.64	14.17	16.32	17.87	--	--	--	--
	Effectifs	42	133	110	40	8	--	--	--	--
<i>S. aurita</i>	Longueur (cm)	15.08	16.53	18.53	21.25	23.98	25.59	27.61	--	--
	Effectifs	31	128	66	25	16	12	3	--	--
<i>B. boops</i>	Longueur (cm)	13.56	16.05	17.64	21.02	23.51	25.92	27.69	30.1	--
	Effectifs	71	26	41	74	44	39	36	14	--
<i>T. trachurus</i>	Longueur (cm)	8.25	11.23	14.17	17.73	20.39	24.37	27.26	30.31	33.42
	Effectifs	9	42	30	117	30	21	54	24	3

La méthode de Bhattacharya (1967) décompose l'échantillon de *S. pilchardus* en (05) cohortes, la population plus représentative est celle de l'âge deux. Ce résultat se rapproche de celui obtenu par Andreu et *al.* (1950) (tableau 6).

La population de *S. aurita* est scindé en (07) groupes d'âge, la longueur moyenne la plus représentative est celle de l'âge deux, nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Bebars (1973) dans l'Egypte excepté pour l'âge (01) qui paraît grand par rapport aux d'autres études dans différentes régions (tableau 7).

On remarque que les tailles moyennes les plus représentatives des populations (bogue, saurel) correspondant à l'âge quatre. ces dernières présentent une différence dans l'estimation de la clé âge-longueur, Néanmoins, les résultats obtenus par d'Algeria- Hernandez (1989) de la Mer Adriatique pour l'espèce *B. boops* , et par Ait Youcef et Bahouri (2005) dans la Baie de Bou-Ismaïl pour *T. trachurus* sont assez proche de nos résultats (tableau 8 et 9).

En outre on constate que la longévité des trois espèces l'allache (07ans), la bogue (08ans) et le saurel (09ans) sont sur estimé.

Selon Benina (2015), La différence des résultats obtenus, serait due aux méthodes utilisées par chaque auteur, mais aussi par la qualité de l'échantillon.

Tableau 6. Clé âge-longueur de *S. pilchardus* dans diverses régions

Auteurs	Régions	Classe d'âge						Méthode utilisée
		I	II	III	IV	V	VI	
Fage (1920)	Alger	8.1	12	14.3	15	--	--	Otolithométrie
Andreu et al. (1950)	Espagne	11.3	13.67	15.32	16.17	16.3	--	Bhattacharya
Lee (1961)	Marsielle	♀9.3	13.5	15.6	16.7	17.5	--	Scalimétrie
Mouhoub (1986)	Bou-Ismaïl	♂10.3	13.8	15.2	16.5	17.5	18.3	Otolithométrie
		♀12.2	14.1	15.82	16.42	17.58	18.5	
Bouhali (2016)	côtes Est-algérienne	♂12.21	13.67	15.32	16.17	17.25	--	Bhattacharya
		11.96	15.06	17.61	--	--	--	
Présente étude (2018)	Bassin algérien	11.48	12.64	14.17	16.32	17.87	--	Bhattacharya

Tableau 7. Clé âge-longueur de *S. aurita* dans diverses régions

Auteurs	Régions	Classe d'âge						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Navarro(1932)	Ile Canaries	13.7	18.9	23.6	26.8	28.5		
Oliver et Navarro (1952)	Egypte (Iles Baléares)	12.9	18.2	21.8	23.8			
Lee (1961)	Golf de lion	10.5	16.9	21.4	23.4			
El Maghraby et al. (1970)	Egypte	13.25	18.5	21.6	23.4			
Bebars (1973)	Egypte	12.35	17.01	19.44	21.9	23.62	25.5	
Gheno (1975)	Congo	20.8	27.3	29.7	30.5	30.8	31	
Kartas (1981)	Tunisie	11.71	16.96	20.1	23.16			
Hamida (2003)	Golf d'Annaba	11.44	15.16	20.04	22.53			
Bouaziz(2007)	région algéroise	11.18	16.67	20.28	24.03	26.54		
Belouahem (2010)	Golf d'Annaba	11.3	13.68	18	23.51			
Présente étude (2018)	Bassin algérien	15.08	16.53	18.53	21.25	23.98	25.59	27.61

Tableau 8. Clé âge-longueur de *B. boops* dans diverses régions

Auteurs	Régions	Classe d'âge									Méthode utilisée
		0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Zuniga(1967)	Espagne		12.7	15.5	17.8	19.7	21.4	--	--	--	Scalimétrie
Mouniemne (1978)	Liban		12	16.5	19	--	--	--	--	--	Petersen
Girardin (1981)	Golf de lion		8.2	12.6	15.4	18	19.8	21.4	--	--	Scalimétrie
Chali-chibane(1988)	baie de Bou-Isamil		8.5	12.9	16.1	18.5	20.1	21.5	--	--	Scalimétrie
Lamrini (1988)	Tanger		11.45	14.61	20.45	23.24	25.26	26.76	--	--	Scalimétrie
Algeria- Hernandez(1989)	Mer Adriatique		--	14.7	17.7	20	22	23.8	--	--	Otolithométrie
Algeria- Hernandez(1989)	Mer Adriatique		--	14.1	17	19.4	21.5	23.2	--	--	Bhattacharya
Belhouas et Abderrahim(1997)	Baie de Bou-Ismail	8.65	10.48	13.71	16.88	19.86	20.93	--	--	--	Otolithométrie
Allam (2003)	Egypte		11	14	16.35	18.6	20.5	--	--	--	Scalimétrie
El-haweet et al. (2005)	Egypte		9.5	13.4	16.2	18.4	20.5	22.5	--	--	Bhattacharya
khemiri et al. (2005)	Coté Est de Tunisie		12.26	14.78	16.83	18.45	19.73	20.88	22.16	--	Otolithométrie
Benina (2015)	Baie de Bou-Ismail		13.87	17.13	21.49	24.78	27.44	--	--	--	Bhattacharya
Présente étude (2018)	Bassin algérien		13.56	16.05	17.64	21.02	23.51	25.92	27.69	30.1	Bhattacharya

Tableau 9. Clé âge-longueur de *T. trachurus* dans diverses régions

Auteurs	Régions	Classe d'âge										Méthode utilisée
		0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Letaconnoux (1951)	Golf de Gascogne	--	13	18	23.5	28	--	--	--	--	--	Petersen
Trouvery (1977)	Golf de Gascogne	--	11.38	18.6	22.78	26.53	--	--	--	--	--	Scalimétrie
Nazarove (1978)	Mer Celtique	--	17.7	24.8	26.6	--	--	--	--	--	--	Otolithométrie
Morales (1982)	Atlantique	--	13	17	21	24	28	30	--	--	--	Otolithométrie
Korichi (1988)	Baie de Bou-Ismail	10.72	14.03	18.04	21.41	23.38	25.09	27.16	30.35	--	--	Otolithométrie
Ait Youcef et Bahouri (2005)	Baie de Bou-Ismail	--	9.91	14.12	16.5	18.5	19.94	--	--	--	--	Otolithométrie
Charef-belifa(2009)	Oran	13.08	14.32	16.28	17.99	20	21.67	22.75	--	--	--	Otolithométrie
Présente étude (2018)	Bassin algérien	--	8.25	11.23	14.17	17.73	20.39	24.37	27.26	30.31	33.42	Bhattacharya

III.3. Etude de la croissance

III.3.1. Détermination des paramètres de Croissance linéaire de von Bertalanffy (1938)

▪ L'application de la méthode de Powell wetherall (1979) par le logiciel FISAT II version 1.2.0 (Gayani*et al.*, 2005) sur les quatre espèces nous a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans le tableau 10. Les régressions obtenues sont illustrées dans l'annexe A (Figure A.5 à A.8).

Tableau 10. Paramètres obtenus par l'application de la méthode de Powell wetherall (1979)

Espèces	Powell wetherall (1979)		
	L_{∞} (cm)	K/Z	r
<i>Sardina pilchardus</i>	19.33	2.992	0.987
<i>Sardinelle aurita</i>	30.59	2.404	0.844
<i>Boops boops</i>	33.95	2.424	0.989
<i>Trachurus trachurus</i>	42.71	7.388	0.780

▪ L'évaluation du coefficient de catabolisme (K) par la méthode de Pauly et Munro (1984) repose sur la valeur moyenne de \emptyset' , cette valeur a été calculée à partir des données de la bibliographie comme indiquées dans l'annexe A (tableau A.2).

▪ Ainsi le chiffre du paramètre t_0 est calculé à partir de l'équation empirique de Pauly (1980) en remplaçant dans l'expression, L_{∞} et K par leurs valeurs respectives.

Les résultats de K, t_0 obtenus sont regroupées dans le tableau 11.

Tableau 11. Valeurs obtenues pour t_0 chez les quatre espèces

Espèces	Pauly et Munro (1984)	Pauly (1980)
	K (an-1)	t_0 (an)
<i>Sardina pilchardus</i>	0.396	-0.47
<i>Sardinelle aurita</i>	0.33	-0.50
<i>Boops boops</i>	0.165	-1.00
<i>Trachurus trachurus</i>	0.19	-0.809

Les résultats obtenus (L_{∞} , K, t_0) conduisent l'équation de croissance de von Bertalanffy (1938). La figure 10 représente les courbes et les équations de croissances linéaires pour les espèces étudiées.

Les valeurs observées et théoriques chez la sardine, l'allache et la bogue sont avoisinantes. Par contre pour le saurel les points réels correspondants aux valeurs observées de la clé âge longueur semblent être plus au moins éloignés de la courbe théorique. Cet éloignement est peut être dû aux biais introduits dans l'échantillonnage, au faible effectif des petits et grands individus et au choix des paramètres de croissance.

La difficulté déjà mentionnée pour l'attribution de l'âge peut influencer significativement sur l'application du modèle de von Bertalanffy (1938).

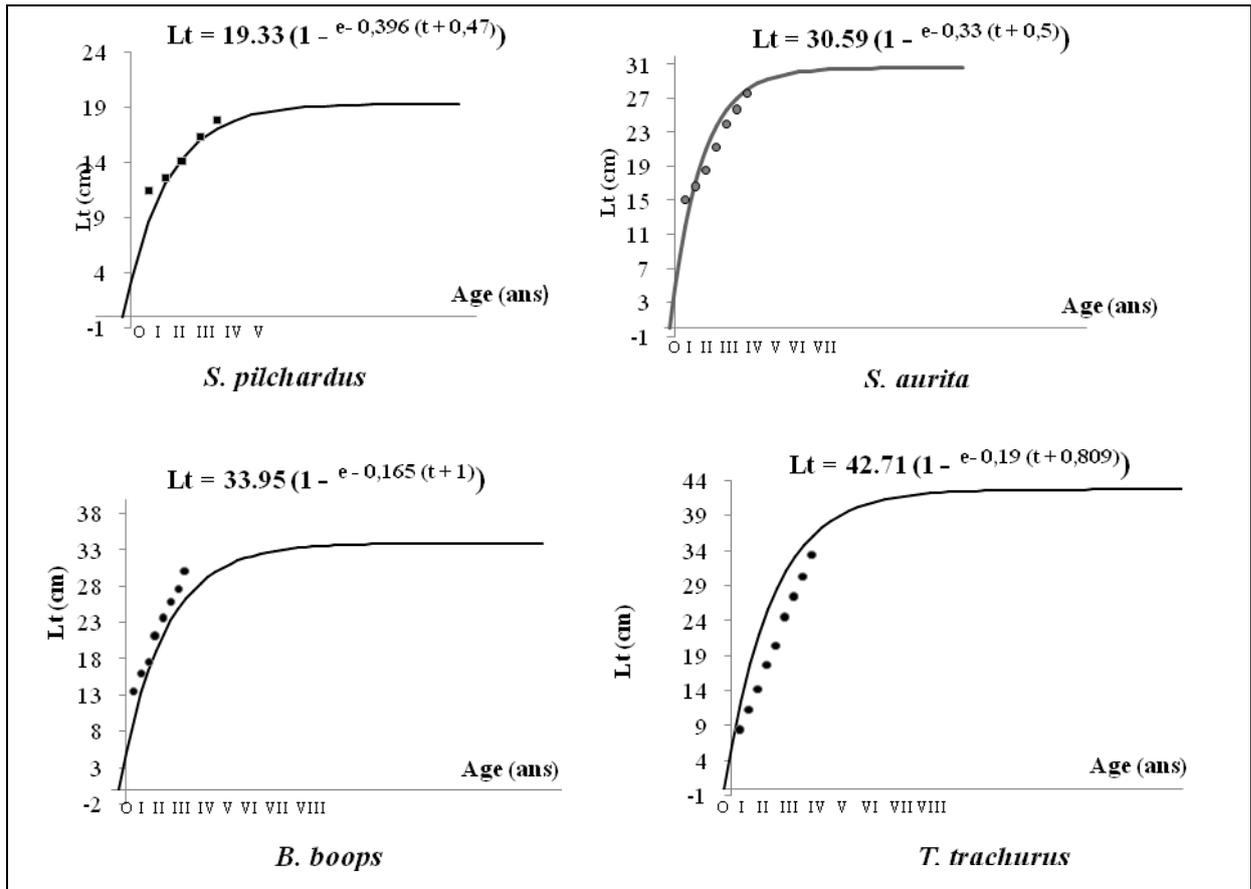


Figure 10. Courbe de croissance linéaire théorique de von Bertalanffy obtenue chez les espèces étudiées.

Des différents auteurs cités ci-dessous (tableaux 12-13) ont également appliqués ce même modèle dans diverses régions.

Pour la sardine et l'allache, il existe des similitudes dans certains cas et des divergences dans d'autres, le résultat le plus proche à notre étude est celui obtenu par Kartas (1981) dans la Tunisie pour la sardine et par Navarro (1927) dans l'Espagne pour l'allache. La valeur asymptotique de la sardine est légèrement inférieure comparé à la longueur asymptotique du secteur algérien.

Il est à remarquer pour la bogue, les valeurs obtenues correspondent aux résultats trouvés par Algeria-Hernandez (1989) dans la Croatie, la longueur asymptotique obtenue est légèrement supérieure de la longueur asymptotique dans les secteurs algériens.

Les auteurs ayant trouvés des résultats similaires à ceux du saurel du bassin algérien sont respectivement, Junquera *et al.* (1988) et Farina-perez (1983) dans le nord ouest de l'Espagne, Trouvery (1977) et Nazarov (1978) dans le Golf de gascogne, Kerstan (1985) dans l'Irlande et Grand Bretagne, par contre la longueur asymptotique (L_{∞}), obtenue dans le présent travail demeure supérieure à celle obtenue par différents auteurs dans les secteurs algériens.

La variabilité du paramètre de courbure (K), selon Sparre et Venema (1996), certaines espèces, la plupart de brève existence, atteignent leur L_{∞} en un an ou deux ans et présentent une valeur de K élevée : c'est le cas de nos Clupéidés. D'autres espèces présentent une courbe de croissance plate avec une faible valeur de K et n'atteignent une longueur proche de L_{∞} qu'au bout de nombreuses années : c'est le cas de notre sparidé et carangidé.

L'écart existant entre les différentes valeurs des paramètres de croissance des différents auteurs s'explique par le fait que les paramètres de croissance peuvent varier d'un stock à l'autre à l'intérieur de la même espèce, c'est-à-dire que les paramètres de croissance d'une espèce donnée peuvent avoir des valeurs différentes selon les zones de sa répartition. De même, les cohortes successives peuvent se développer différemment selon les conditions du milieu (Sparre et Venema, 1996).

Selon Boufersaoui (2012), les variations géographiques notées avec les résultats de certains auteurs sont probablement dues aux échantillonnages exploités, aux méthodes utilisées ainsi qu'aux fluctuations des paramètres physico chimiques du milieu.

Les poissons sont très sensibles aux changements de température et leur croissance peut être influencée à un changement de seulement 0.03°C (Bull, 1952 *in* kherraz, 2010). En plus, il a été montré que la valeur de L_{∞} tend à augmenter quand la température diminue (Sinovic, 2000 ; Basilone *et al.*, 2004). Le modèle bioénergétique DEB explique le lien entre les paramètres de la croissance et les conditions environnementales à savoir la disponibilité trophique et la température qui agissent respectivement sur la taille ultime L_{∞} et le paramètre de courbure (K) (Pecquerie, 2007).

Tableau 12. Paramètres de croissance de *S. pilchardus* dans diverses régions

Auteur (année)	Région	L_{∞} (cm)	K (an-1)	t_0
Pauly(1978)	Grèce	16.7	0.483	-1.31
Bouchereau (1981)	Oran	♀21.04	0.21	-2.7
		♂18.88	0.26	-2.49
Kartas(1981)	Tunisie	♀19.43	0.43	-0.82
		♂19.00	0.36	-1.21
Mouhoub(1986)	Baie de Bou-Ismaïl	♀20.28	0.256	-2.01
		♂18.73	0.282	-1.99
Djabali et al.(1993)	Béni-Saf	20.5	0.26	--
Hajji et al. (1998)	Tunisie	21.57	0.186	-3.56
Kada et al (2002-2004)	Méditerranée marocaine	21.30	0.56	-0.67
Bennoui et al. (2006)	Côte algérienne	23.61	0.468	-0.22
Bennoui et al.(2013)	Ouest algérien	23.29	0.49	0.39
Bouhali (2016)	Est algérien	20.21	0.51	-2.77
Présente étude (2018)	Bassin algérien	19.33	0.396	-0.47

Tableau 13. Paramètres de croissance de *S. aurita* dans diverses régions

Auteur (année)	Région	L_{∞} (cm)	K (an-1)	t_0
Navarro (1927)	Espagne	30.30	0.37	--
Navarro (1932)	Espagne	27.54	0.46	-0.38
Oliver et Navarro (1952)	Espagne	27.40	0.44	--
Bébars (1981)	Egypte	33.11	0.20	--
Kartas (1981)	Tunisie	28.99	0.36	--
Maxim et Maxim (1988)	Sénégal-Mauritania	45.22	0.36	-0.691
Chesheva (1998)	Mauritania	41.63	0.26	-0.871
Bouaziz et al. (2001)	Baie Bou-Ismaïl	34.96	0.24	-0.707
Gaamour et al. (2001)	Tunisie	31.32	0.24	-2.58
Bouaziz (2007)	Alger	29.82	0.41	0
Belouahem (2010)	Golf d'Annaba	27.41	0.41	0
présent étude (2018)	Bassin algérien	30.59	0.33	-0.5

Tableau 14. Paramètres de croissance de *B. boops* dans diverses régions

Auteur (année)	Région	L_{∞} (cm)	K (an-1)	t_0
Zuniga(1967)	Espagne	35.6	0.166	-2.14
Mouniemne (1978)	Liban,	24.31	0.056	-2.423
Girardin (1981)	Golf de lion	30.50	0.172	-1.616
Chali-chibane(1988)	Baie de Bou-Isamil,	25.401	0.288	-0.613
Lamrini (1988)	Tanger,	31.10	0.338	-0.77
Algeria- Hernandez(1989)	Croatie	33.90	0.156	0
Djabali et al(1993)	Baie de Bou-Ismaïl,	25.40	0.29	0
Belhouas et Abderrahim(1997)	Bou-Ismaïl,	29.39	0.205	-1.13
Zoubi(2001)	Méditerranée marocaine	31.50	0.28	-0.96
Khemiri et al (2005)	Coté Est de Tunisie	26.70	0.22	-1.43
El-haweet et al (2005)	Egypte,	28.10	0.18	-1.13
Kherraz (2011)	Baie d'Oran	24.04	1	-0.39
Benina (2015)	Baie de Bou-Ismaïl	29.66	0.33	0
Présente étude (2018)	Bassin algérien	33.95	0.165	-1

Tableau 15. Paramètres de croissance de *T. trachurus* dans diverses régions

Auteur (année)	Région	L_{∞} (cm)	K (an-1)	t_0
Wengrzyn(1975)	NW d'Afrique	50.00	0.13	-2.32
Trouvery(1977)	Golf de Gascogne	44.88	0.20	-0.59
Carrillo(1978)	NW Méditerranée	37.66	0.22	-1.016
Nazarov (1978)	Golf de Gascogne	40.00	0.20	-1.347
Carrasco(1980)	Mer Cantabrique	51.80	0.111	-2.266
Farina-perez (1983)	NW Espagne	40.982	0.225	-0.982
Alegria(1984)	Adriatique	37.55	0.218	-1.28
Turner et al. (1984)	NW Afrique	38.00	0.330	--
Kerstan(1985)	Irlande et Uk	41.59	0.223	-0.65
Korichi(1988)	Baie Bou-Ismaïl	♀33.01	0.23	-1.21
		♂28.94	0.46	-0.36
Junquera et al. (1988)	NW Espagne	42.04	0.19	-0.17
Maxim (1995)	NW Afrique	38.98	0.278	-1.16
Karlou-Riga et Sinis (1997)	Grèce	30.27	0.366	-0.943
Santic (2002)	Adriatique	37.68	0.23	-0.30
Charef-belifa(2009)	Oran	♀23.8	0.86	-0.97
		♂24.70	0.86	-1.87
Présente étude (2018)	Bassin algérien	42.71	0.19	0.809

III.3.2. Croissance relative (Relation taille-poids)

La relation liant les couples de valeurs longueur totale-poids total (L_T - W_T) pour les quatre espèces du bassin Algérien, est représentée par une courbe de type puissance et les paramètres de cette relation équations déduites sont portés dans la Figure 11.

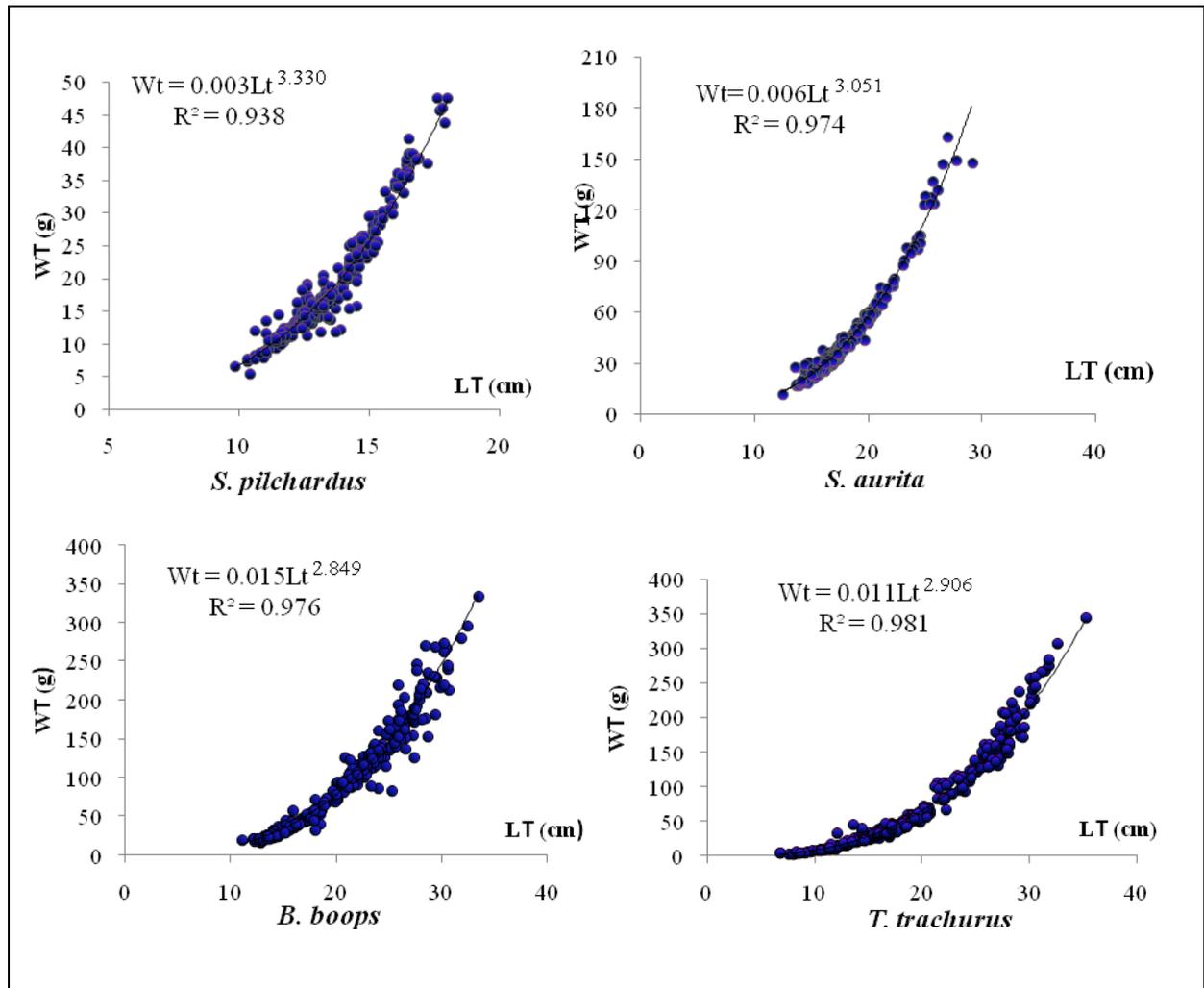


Figure 11. Evolution du poids (W_T) en fonction de la taille (L_T) chez les espèces étudiées.

Les valeurs du coefficient de détermination (R^2) est proche de 1 chez les quatre espèces, qui confirme une forte corrélation entre les deux variables (L_T, W_T).

Le test de Student a été établi pour apprécier statistiquement le type d'allométrie. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 16.

La relation taille-poids chez la sardine montre une croissance allométrique majorante ($b > 3$), le poids croît plus vite que la longueur, chez l'allache la croissance est isométrique, le poids croît proportionnellement au cube de la longueur ($b = 3$); par contre la croissance est allométrique minorante chez la boguette et le saurel, où b est inférieur à 3, le poids augmentant proportionnellement légèrement moins vite que la longueur. Même si une comparaison statistique entre les relations obtenues dans différentes régions, pour une même espèce est réalisée, mais les paramètres a et b sont très sensibles aux nombres et à la composition en taille de chaque échantillon mensuel (Fréon, 1988 ; Mouneimne, 1981).

Tableau 16. Relations taille-poids chez les quatre espèces ($\alpha = 5\%$)

Espèces	tcal	Teste de student	Type d'allométrie
<i>S. pilchardus</i>	6.88	Différence significative	Majorante
<i>S. aurita</i>	1.75	Différence non significative	Isométrie
<i>B. boops</i>	6.45	Différence significative	Minorante
<i>T. trachurus</i>	4.20	Différence significative	Minorante

III.3.3. Croissance pondérale de von Bertalanffy (1938)

Pour chaque espèce, la taille asymptotique L_{∞} est remplacée dans l'équation de la relation taille-poids pour obtenir le poids asymptotique W_{∞} .

Le tableau 17 représente les formules de croissance pondérale de von Bertalanffy (1938) pour les espèces étudiées.

Tableau 17. Les équations de la croissance pondérale chez les quatre espèces

Espèces	Equation de la croissance pondérale
<i>S. pilchardus</i>	$W_t = 57.58 (1 - e^{-0.396 (t + 0.47)})^{3.33}$
<i>S. aurita</i>	$W_t = 204.48 (1 - e^{-0.33 (t + 0.5)})^{3.051}$
<i>B. boops</i>	$W_t = 344.71 (1 - e^{-0.165 (t + 1)})^{2.849}$
<i>T. trachurus</i>	$W_t = 602.16 (1 - e^{-0.19 (t + 0.809)})^{2.906}$

Les tableaux de 18 à 21 montrent une comparaison des résultats de la présente étude avec ceux de la littérature.

Les résultats obtenus pour la sardine sont presque similaires à ceux trouvés par différents auteurs ayant travaillé sur cette espèce, une prédominance de taux d'allométrie majorante dans diverses régions

Pour l'allache, la bogue et le saurel, la relation taille-poids montre bien une variabilité en fonction des zones géographiques. Ceci est expliqué par la variation du coefficient d'allométrie (b), qui représente la forme du corps. Ce facteur est directement liée au poids, qui à son tour dépend de l'habitat et donc des facteurs écologiques (température, disponibilité de la nourriture), physiologiques (période de reproduction) et halieutiques (zone de pêche, période de pêche...) (Khoufi, 2015).

Tableau 18. Paramètres de la relation taille - poids et le poids asymptotique chez *S. pilchardus* dans diverses régions

Auteur (année)	Région	a	b	Allométrie	W _∞ (g)
Boucherau (1981)	Oran	♀0.00161	3.37	Majorante	46.29
		♂0.00096	3.48	Majorante	26.47
Kartas (1981)	Tunisie	♀0.00326	3.152	Majorante	53.35
		♂0.00488	3.055	Isométrie	47.79
Mouhoub (1986)	Baie de Bou-Ismaïl	♀0.08	3.012	Majorante	60.49
		♂0.07	2.959	Minorante	46.58
Mater et Bayhan (1999)	Turquie	0.0045	3.3591	Majorante	--
Voulgaridou et Stergiou (2003)	Est Méditerranéen	0.005	3.153	Majorante	--
Bouhali(2016)	Est algérien	0.005357	3.1	Majorante	59.73
Présente étude (2018)	Bassin algérien	0.003	3.33	Majorante	57.58

Tableau 19. Paramètres de la relation taille - poids et le poids asymptotique chez *S. aurita* dans diverses régions

Auteur (année)	Région	a	b	Allométrie	W _∞ (g)
Gheno (1968)	République du Congo	0.0043	3.28	Majorante	--
Kartas (1981)	Tunisie	0.0072	3.01	Isométrie	198.18
Bebars(1981)	Egypte	0.012	2.899	Minorante	311.35
CamarenaLuhrs (1986)	Sénégal	0.0061	3.29	Majorante	--
Merella et al. (1997)	Espagne	0.0068	2.99	Isométrie	--
Sinoveic et al. (2003)	Mer Adriatique	0.0043	3.1162	Majorante	--
Koutrakis et Tsikliras (2003)	Grèce	0.0087	2.95	Minorante	--
Bouaziz(2007)	Alger	0.00321	3.28	Majorante	220.24
Belouahem (2010)	Golf d'Annaba	0.005716	3.038	Isométrie	133.49
Présente étude (2018)	Bassin algérien	0.006	3.051	Isométrie	204.48

Tableau 20. Paramètres de la relation taille – poids et le poids asymptotique chez *B. boops* dans diverses régions

Auteur (année)	Région	a	b	Allométrie	W _∞ (g)
Zuniga (1967)	Espagne	0.004	3.16	Majorante	322.979
Mouniemne (1978)	Liban	0.0127	2.96	Minorante	160.082
Girardin (1981)	Golf de Lion	0.00419	3.16	Majorante	436.78
Chali-chibane(1988)	Baie de Bou-Ismaïl	0.0097	3.07	Isométrie	216.08
Dahamni (1996)	Baie de Bou-Ismaïl,	0.012	2.96	Minorante	--
Belhouas et Abderrahim(1997)	Baie de Bou-Bsmaïl,	0.0306	2.768	Isométrie	309.72
Stergiou et al. (2001)	Grèce	0.0149	3.093	Isométrie	--
Azouzi(2005)	Baie de Bou-Ismaïl,	0.017	2.92	Isométrie	--
kherraz (2011)	Baie d'Oran,	♀0.013	2.951	Minorante	154.55
		♂0.011	3.005	Isométrie	155.27
Benina (2015)	Baie de Bou-Ismaïl,	0.016	2.79	Minorante	209.79
Présente étude (2018)	Bassin algérien	0.015	2.849	Minorante	344.71

Tableau 21. Paramètres de la relation taille - poids et le poids asymptotique chez *T. trachurus* dans diverses régions

Auteur(année)	Région	a	b	Allométrie	W_{∞} (g)
Wengrzyn (1975)	Nwd'afrique	0.0049	3.14	Majorante	1,059.16
Trouvery (1977)	Golf de gascogne	0.158	1.83	Minorante	166.69
Carrillo (1978)	NW Méditerranée	0.0102	2.945	Minorante	446.24
Nazarov (1978)	Gascogne	0.00585	3.087	Isométrie	516.08
Farina-perez (1983)	NW Espagne	0.012	2.854	Minorante	480.31
Kerstan (1985)	Irland et Uk,	0.0043	3.125	Majorante	492.96
Korichi (1988)	Baie Bou-Ismaïl	0.0125	2.979	Isométrie	403.95
Maxim (1995)	NW Afrique,	0.0139	2.961	Isométrie	713.67
Santic (2002)	Adriatique	0.008	3.019	Isométrie	458.53
Charef-belifa (2009)	Oran	0.00373	3.13	Majorante	85.28
Présente étude (2018)	Bassin algérien	0.011	2.906	Minorante	602.16

III.4. Etude de la reproduction

III.4.1. Identification des sexes et stades de maturité sexuelle

Le traitement de tous les individus échantillonnés, donne la composition suivante

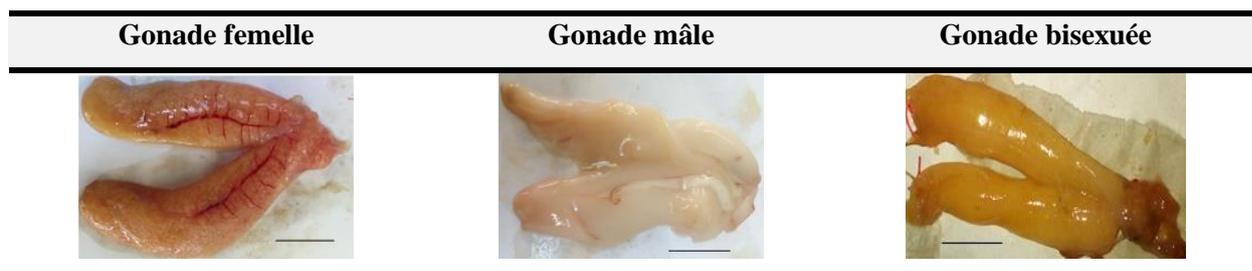
Tableau 22. Répartition des effectifs chez les espèces étudiées

(N : total, F : Femelles, M : Mâles, H: Hermaphrodites, IND : Indéterminés)

Espèces	N	F	M	H	IND
<i>S. pilchardus</i>	320	78	150	-	92
<i>S. aurita</i>	296	88	187	-	21
<i>B. boops</i>	364	146	122	8	88
<i>T. trachurus</i>	319	90	167	-	62

L'observation macroscopique des gonades a permis l'identification de différentes gonades : femelles, mâles, bisexués (tableau 23). Ainsi les stades de maturités sexuelles destinés à l'étude de la fécondité (tableau 24).

Tableau 23. Les différents types de gonades observées. Barre d'échelle = 1 cm.



III.4.2. Répartition des sexes

Le calcul de la sex-ratio global chez les espèces étudiées est consigné dans le tableau 25. La population de *S. pilchardus*, *S. aurita* et *T. trachurus* montre une tendance en faveur des mâles. Contrairement pour *B. boops*, le taux de féminité dépasse faiblement le taux de masculinité, mais le test de l'écart réduit donne une différence non significative ($|\mathcal{E}_{cal}| = 1,47 < 1,96$). Donc on peut conclure que le stock de *B. boops* est constitué d'autant de mâles que de femelles. Les valeurs du sex-ratio global fournissent peu de renseignements sur la composition de la population. Il est donc utile de considérer l'étude du sex-ratio en fonction de la taille.

Tableau 25. Sex-ratio globale chez les espèces étudiées (DS : Différence significative ; DNS : Différence non significative)

Espèces	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>B. boops</i>	<i>T. trachurus</i>
Effectif des femelles	78	88	146	90
Effectif des mâles	150	187	122	167
Taux de féminité (%)	34.21±6.16	32±5.51	54.48±5.96	35.02±5.83
Sex-ratio global	0,52	0.47	1.20	0.54
Test de comparaison $ \mathcal{E}_{cal} $	DS	DS	DNS	DS

La répartition des pourcentages des femelles en fonction de la taille (figure 12) montre une dominance nette des mâles pour l'ensemble des classes de taille excepté pour les classes 18 ; 19 ; 23 et 24 cm chez l'allache, et pour les classes 29 ; 30 ; 31 et 33 cm chez le saurel où on observe une dominance des femelles. Chez la sardine la dominance des mâles est dans la gamme de taille inférieure ou égale 14,25 et la classe de taille 16,25 cm, on note l'absence totale de mâles de grande taille. Une fluctuation de taux de féminité en fonction de la taille a été observée chez la bogue, soit la dominance pour les mâles ou pour les femelles (Voir détails dans les tableaux A.3 à A.6).

Atz (1964 *in* Belhouas et Abderrahim, 1997), affirme que généralement les conditions du milieu ainsi que la pression de pêche influent sur l'indice étudié.

Le sex-ratio est un paramètre difficile à interpréter, Chali-Chabane (1988), présume que des études plus poussées et à plus long terme pourraient expliquer cette inégalité par le comportement écologique de ces espèces.

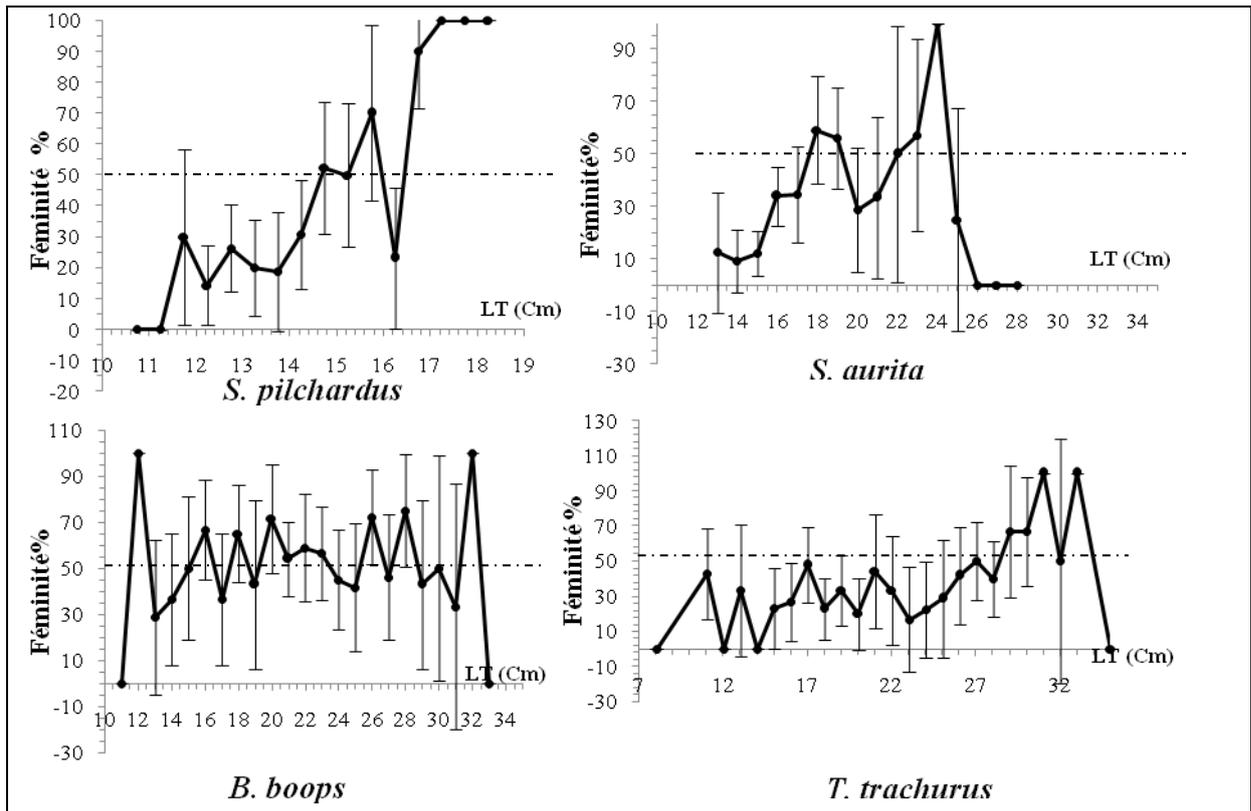


Figure 12. Taux de féminité en fonction de la taille chez les espèces étudiées.

III.4.3. Taille à la première reproduction

L'examen du pourcentage de femelles matures, mâles matures et celui des sexes confondus en fonction de la taille (Figure 13), permet d'estimer les valeurs des tailles de première maturité qui sont résumées dans le tableau 26.

Tableau 26. Tailles à la première reproduction chez les quatre espèces

Espèces	LTm50 (cm)		
	Femelles	Mâles	Sexes confondus
<i>S. pilchardus</i>	13.75	13, 25	12, 75
<i>S. aurita</i>	14.4	14	14.2
<i>T. trachurus</i>	16.5	16	16

La comparaison de nos résultats avec ceux de la bibliographie fait ressortir des similitudes et divergences. Pour la sardine, nos résultats sont similaires de ceux obtenus baie de bousmail par Mouhoub(1986) et Nord du Portugal. Et pour l'allache les résultats sont Proche à ceux obtenus en algérie. Les valeurs de LTm50 obtenues pour le saurel est avoisinantes à celles trouvées par Kerstan (1985) dans le Nord Est d'Atlantique ; par contre chez la bogue les immatures ne sont pas présent dans notre échantillon.

Abed et Giraldez (1993), expliquent que les variations de la taille à la première maturité seraient apparemment imputables aux différentes stratégies développées par les poissons dans des milieux différents pour une meilleure adaptation aux conditions environnementales telles que la température.

La taille à la première maturité sexuelle varie selon les années et la zone considérée. Cette variabilité interannuelle est en principe due à la variabilité temporelle de la date de déclenchement de la ponte (ponte précoce ou tardive selon les années) et du recrutement annuel correspondant. La LTm50 peut également varier en fonction du sexe (Abad et Giraldez, 1993).

Tableau 27. Tailles à la première reproduction (LTm50) chez *S. pilchardus* selon la bibliographie

Auteur (année)	Région	LTm50 (cm)
Lee (1961)	Golf du Lion	♀ 14
Kartas (1981)	Tunisie	♂ 13,8
		♀ 12,3
Bouchereau (1981) Mouhoub (1986)	Baie d'Oran	♂ 11,8
	Bou-Ismaïl	12,2
Abad et Giraldez (1993)	Mer d'Alboran	♀ 12,6
		♂ 11,9
Silva et al. (2004)	Golf de Gascogne	♀ 12,5
		♂ 12,8
Silva et al. (2006)	Nord de la France	17,2
Silva et al. (2006)	Nord du Portugal	16,8
Khemiri (2006)	Golf de Tunis	14,6
Bouhali et al. (2015)	Côtes Est-Algérienne	11,3
		♀ 11,5
Présente étude (2018)	Bassin algérien	♂ 11,28
		♀ 13.75
		♂ 13,25
		12.75

Tableau 28. Tailles à la première reproduction (LTm50) chez *S. aurita* selon la bibliographie

Auteur (année)	Région	LTm50 (cm)
Funestin (1952)	Méditerranée Occidentale	♀ 14
		♂ 16
Boely et al. (1978)	Sénégal-Mauritanie	♀ 20
		♂ 25
Bouaziz et al. (2001)	Baie Bou-Ismaïl	♀ 14,1
Gaamour et al. (2001)	Tunisie	♀ 13,5
		♂ 12,5
Bouaziz (2007)	Alger	♀ 14,14

		♂13,64 13,93 ♀13,9 ♂13,64 13,78
Belouahem (2010)	Golf d'Annaba	
Présente étude (2018)	Bassin algérien	♀ 14,4 ♂ 14 SC14,2

Tableau 29. Tailles à la première reproduction (LTm50) chez *T. trachurus* selon la bibliographie

Auteur (année)	Région	LTm50 (cm)
Letaconnoux (1951)	Golf de Gascogne	19-23
Gail (1954)	Nord d'Afrique	15
Sedleskaya (1971)	Nord d'Afrique	16,23
Alegria (1984)	Adriatique	♀ 16
Kerstan (1985)	Nord Est d'Atlantique	♀25,4 ♂22,3
Korichi (1988)	Bou-Ismaïl	♀14,2 ♂13,5
Borges et Gordo (1991)	Portugal	22,5
Abaunza et al. (1995)	NW d'Espagne	♀21,9 ♂20,9
Karlou-Riga et Economidis (1996)	Mer d'Egée	22
Gheram (2009)	Baie d'Oran	♀14,3
Présente étude (2018)	Bassin algérien	♀ 16 SC16

III.4.4. La fécondité

III.4.4.1. Diamètre ovocytaire

La forme des ovocytes chez les trois espèces est d'allure sphérique, comme montré sur la figure 14. L'étude de la distribution des fréquences du diamètre des ovocytes a porté sur 513 œufs (sardine), 478 œufs (bogue), 475 œufs (saurel) pour huit femelles de chaque espèce. L'histogramme correspondant (figure 15), montre des lots d'ovocytes bien distincts.

La valeur modale du premier lot (1) d'ovocytes représente le stock de réserve. Le diamètre supérieur de ces œufs est de $189 \pm 11,76 \mu\text{m}$; $356,5 \pm 16,17 \mu\text{m}$; $337 \pm 21,36 \mu\text{m}$ pour *S. pilcardus* , *T. trachurus* et *B. boops* respectivement correspond à la maille du filtre choisi pour éliminer les œufs de réserve. Les ovocytes restantes (les quatre lots 2 ; 3 ; 4 ; 5) sont

des œufs matures susceptibles d'être pondus dans l'année et donc peuvent participer à l'estimation de la fécondité.

Selon Mellinger (2002), l'hétérogénéité et la distribution multimodale des diamètres ovocytaires indiquent un recrutement continu d'ovocytes vitellogéniques, qui ne sont pas tous émis en même temps. La reproduction chez les trois espèces étudiées, même chez la sardinelle d'après (Bouaziz, 2007) est asynchrone, fractionnée avec une émission des ovocytes matures en petites quantités durant un long intervalle de temps suivi d'une récupération très rapide de l'ovaire. Cette reproduction asynchrone est caractéristique des reproducteurs partiels (Holden et Rait, 1974).

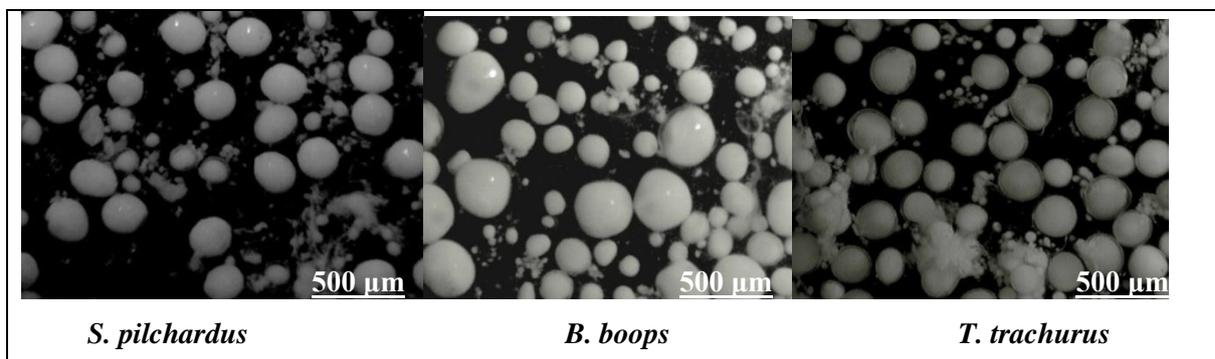


Figure 14. Aspect des ovocytes sous la loupe binoculaire chez les espèces étudiées (G×15)

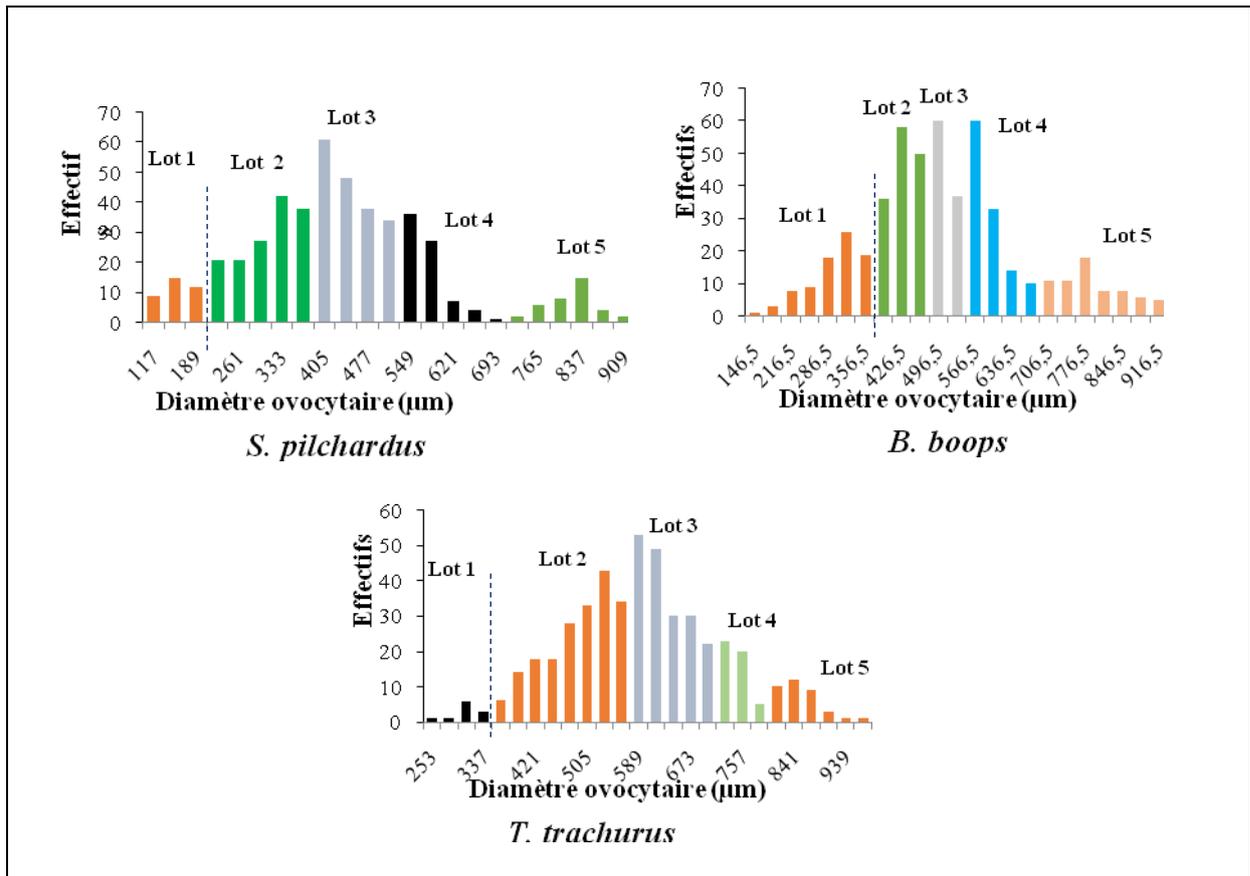


Figure 15. Histogramme des fréquences du diamètre ovocytaire pour les quatre espèces.

III.4.4.2. Fécondité absolue (individuelle)

Pour des tailles allant de 11.7 à 18 cm, un poids de 10.5 à 47.58 g et des ovaires pesant entre 0.11 et 2.47 g, les valeurs extrêmes de la fécondité absolue individuelle estimées de *S. pilchardus* sont de 421 et 35787 ovocytes ; et pour des tailles de 19.4 à 29.5 cm, poids de 71.5 à 239.35 g et des ovaires pesant de 1.34 à 19.13 g, les valeurs extrêmes de la fécondité absolue individuelle estimées de *B. boops* sont de 9973 et 119153 ovocytes; et enfin chez les femelles de *T. trachurus* pondent entre 2544 et 136812 ovocytes pour des tailles entre 18.7 et 32.5 cm, un poids entre 54.94 et 307.75 g et un poids de gonade de 0.77 à 18.18 g. Le nombre moyen d'ovocytes émis par femelle est de $6856 \pm 1614(F \pm SEM)$ ovocytes pour la première espèce ; $34349 \pm 6468(F \pm SEM)$ ovocytes chez la seconde et $38392 \pm 12395 (F \pm SEM)$ ovocytes chez la dernière (tableau 31).

Le tableau 32 montre que la corrélation entre la fécondité et les différents paramètres globalement est significative surtout en ce qui concerne le poids des gonades. Ainsi, il apparait que le modèle de type puissance ajuste mieux les données observées, puisque les coefficients de corrélation sont un peu plus élevés que ceux de type linéaire. Donc le type

puissance est le meilleur modèle pour exprimer la fécondité absolue en fonction de la taille totale, poids total, poids de gonades chez les femelles des espèces étudiées.

Tableau 31. Valeurs extrêmes et nombre moyen d’ovocyte émis par femelles pour les quatre espèces

Espèces	Fécondité absolue (Nombre d’ovocyte)		
	Minimale	Maximale	Moyenne
<i>S. pilchardus</i>	421	35787	6856 ± 1614
<i>B. boops</i>	9973	119153	34349 ± 6468
<i>T. trachurus</i>	2544	136812	38392 ± 12395

Tableau 32. Relations entre la fécondité absolue et les différents paramètres chez les espèces étudiées. (a,b : coefficients des équations ; R : coefficients de corrélation)

Espèces	Relation linéaire			Relation puissance			
	F= a LT + b	F= aWT + b	F = aWg + b	F= a LT ^b	F= a WT ^b	F=a Wg ^b	
<i>S. pilchardus</i>	MC	876.9 LT -6690	123.7WT +3105	17592Wg -4626	14.68 LT ^{2.232}	668.5WT ^{0.68}	11490 Wg ^{0.977}
	MR	1055.44 LT -9278.46	199.84 WT + 824.11	12494.68Wg -5092.25	2.76LT ^{1.289}	0.87WT ^{5.876}	0.68 Wg ^{9.098}
	R	0.83	0.618	0.848	0.809	0.781	0.915
<i>B. boops</i>	MC	2313 LT -16679	84.7 WT + 26627	4871 Wg+ 16247	430.9LT ^{1.409}	7590 WT ^{0.33}	12122 Wg ^{0.739}
	MR	3106.64 LT - 35717.87	102.13WT +23639.71	535894Wg +11929.87	1.88 LT ^{4.566}	0.4 WT ^{8.566}	0.64Wg ⁻⁶⁷⁴
	R	0.744	0.83	0.91	0.748	0.82	0.93
<i>T. trachurus</i>	MC	6024 LT-12082	6024WT -12082	8224 Wg - 10787	0.03 LT ^{4.208}	0.03 Wg ^{4.21}	6690Wg ^{0.997}
	MR	6964.84LT-145738.6	385.86WT -27705.92	8650.79 Wg -14413.5	4.5 LT ^{-4.45}	1.53 Wg ^{2.613}	1.03 Wg ^{8.742}
	R	0.724	0.896	0.95	0.745	0.91	0.966

III.5. Modèle bioénergétique DEB

III. 5.1. Stratégies bioénergétiques des petits pélagiques

Les paramètres bioénergétiques estimés sont consignés dans le tableau 34. Les figures obtenus par le logiciel Matlab (version R2009b) (Matlab, version 7.9 (R2009b), 2009) (Kooijman et al., 2008) sont illustrées dans l'annexe A (figure A.9-A.10).

Tableau 33. Les paramètres bioénergétiques (DEB) des espèces étudiées

Espèces		<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>B. boops</i>	<i>T. trachurus</i>
Paramètre	Unité				
κ_X	-	0.8 0	0.8 0	0.8 0	0.8
κ_P	-	0.1 0	0.1 0	0.1 0	0.1
\dot{v}	cm/d	0.1355 1	0.1355 1	0.1355 1	0.1355 1
κ	-	0.9033 1	0.9033 1	0.9033 1	0.9033
κ_R	-	0.95 0	0.95 0	0.95 0	0.95
$[\dot{P}_M]$	J/d.cm ³	14.03 1	14.03 1	14.03 1	14.03 1
$\dot{\kappa}_j$	1/d	0.002 0	0.002 0	0.002 0	0.002 0
$[E_G]$	J/cm ³	5238 1	5198 1	5238 1	5238 1
E_{Hb}	J	0.05366 1	0.05366 1	0.05366 1	0.05366 1
E_{Hj}	J	96.86 1	96.86 1	96.86 1	96.86 1
E_{Hp}	J	2.848e+04 1	2.848e+04 1	2.848e+04 1	2.848e+04 1
E_{Hx}	-J	1.573e+11 1	1.573e+11 1	1.573e+11 1	1.573e+11 1
δ_M	-	0.2356 1	0.1956 1	0.2356 1	0.2356 1

III.5.1.1. La taille et la forme

La comparaison des paramètres primaires dans le contexte de DEB suppose que la conception physique d'un organisme dépende de sa taille maximale, tandis que les paramètres influençant l'environnement biochimique d'un organisme sont indépendants de sa taille, (Kooijman, 2010).

Trois paramètres de conception physiques dépendent de la taille maximale dans le modèle standard DEB à savoir: le taux d'assimilation surface spécifique $\{P_m\}$, le seuil de la maturité à la naissance E_H^b , et le seuil de maturité à la puberté E_H^p .

Le coefficient de forme convertit les longueurs physiques à une longueur structurelle, à la suite de l'équation $L = \delta ML_w$ et $V = (\delta ML)^3$. La relation entre le volume et la longueur, qui varie de manière significative entre des espèces de différentes morphologies, est obtenue en utilisant le coefficient de forme. La comparaison du coefficient de forme des petits pélagiques (tableau 33) montre une valeur constante (0.23561) pour les trois espèces (sardine, bogue et saurel), une

petite différence pour la valeur obtenue chez l'allache (0.19561). Toutefois, cette valeur s'applique uniquement à la croissance des juvéniles (fin de stade juvénile) et les adultes, car en effet, les animaux ont probablement un coefficient de forme différent au cours de la croissance des larves en raison de leur morphologie (au début du stade juvénile) (Kooijman *et al.*, 2011).

En théorie DEB, les espèces accélératrices subissent un commutateur métabolique à la métamorphose. Dans la phase juvénile précoce, les larves suivent la règle d'un V1-morphe et croissent de façon exponentielle (surface proportionnelle au volume). Les étapes post-métamorphose sont isomorphie et suivent la croissance de von Bertalanffy (Kooijman, 2010; Kooijman *et al.*, 2011). La routine DEBtool a été utilisée pour déterminer le temps mis à l'échelle depuis la naissance à l'échelle de maturité à la naissance.

III.5.1.2. Alimentation et assimilation

Les petits pélagiques étudiés présentent une même efficacité de digestion κ_X de 0.8, sous optimales conditions alimentaires, ce qui augmente la fraction d'énergie dans les aliments qui est fixé dans la réserve.

III.5.1.3. Entretien

Le coût d'entretien somatique [P_M] pour les quatre espèces étudiées a été estimé pour être 14.031 J cm⁻³. Cette valeur se situe dans la fourchette basse rapportée dans toutes les espèces de clupéidés, sparidés et carangidés. La quantité d'énergie de réserve nécessaire pour la synthèse d'un volume structural, y compris l'énergie stockée dans les tissus pour l'anabolisme [E_G] était un peu faible chez la sardinelle (51981 J cm³) que ceux des trois espèces restantes (sardine, bogue et saurel) (52381 J cm³).

L'énergie investie dans les transitions du cycle de vie (de maturité) E_H^b et E_H^p pour les petits pélagique étudiés étaient respectivement 0.053661 ; 2.848e+041.

III.5.1.4. Fraction d'allocation à la croissance

La théorie DEB suppose que l'énergie de la nourriture assimilée intègre en premier lieu la réserve, pour être allouée ensuite à la croissance et à l'entretien somatique à une fraction fixe (κ). Le montant restant (1- κ) est consacré à la maturation / reproduction et le maintien de la maturité.

La valeur κ est stable entre les espèces des petits pélagiques (0.90331). Ainsi que κ_R est de 0.95.

Les petits pélagiques algériens sont tombés dans le milieu de cette fourchette à 0.90331. En effet, plus d'énergie semble être consacrés à la reproduction qu'à la maintenance somatique.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude nous a permis de recueillir des données fondamentales sur la biologie des petits pélagiques pêchés dans les eaux du littoral Algérien.

L'application du modèle bioénergétique DEB *Dynamic Energy Budget theory* (DEB), permet ensuite de mieux comprendre et de quantifier le bilan d'énergie et de décrire le potentiel physiologique de croissance et de reproduction en prenant en considération les conditions environnementales (température et nourriture) vécues par un individu durant son cycle vital.

Les prélèvements mensuels effectués entre février et août 2018, ont permis de réaliser l'étude de l'âge, la croissance et la reproduction des espèces étudiées (*S.pilchardus*, *S.aurita*, *B.boops* et *T.trachurus*) du bassin Algérien.

L'étude de l'âge a été abordée par l'analyse des fréquences de tailles par la méthode de Bhattacharya (1967). La sardine, la sardinelle, la bogue et le saurel ont aboutis respectivement des longévités maximales de 05 ans, de 07 ans, de 08 ans et de 09 ans.

Il convient de souligner que pour toutes les espèces, les résultats obtenus dénotent une différence selon les données âge-taille utilisées et la méthode adoptée pour l'estimation des paramètres de croissance.

Les clupéidés atteignent rapidement leur L_{∞} et par conséquent, ils présentent un K élève (Bouaziz, 2007) ; par contre chez la bogue et le saurel les résultats sont en accord avec la lente croissance et la longévité importante considérées ce Sparidé (Kherras, 2011), et Carangidé (Charef-Belifa, 2009).

Une relation d'allométrie liant les longueurs aux poids respectifs de type allométrique majorante chez la sardine, isométrique chez la sardinelle et de type allométrique minorante chez les la bogue et le saurel.

L'étude de la croissance pondérale dénote un poids maximal de 57.58 g, 204.48 g, 344.71 g et de 602.16 g respectivement pour *S.pilchardus*, *S.aurita*, *B.boops* et *T.trachurus*.

Pour l'aspect biologique de la reproduction, nous avons d'abord identifié le sex-ratio qui confirme que le stock de toutes les espèces étudiées de la région algérienne renferme plus de mâles que de femelles. Ce qui nous fait penser à l'hypothèse des migrations que peuvent effectuer les femelles vers les lieux de ponte durant la période de notre échantillonnage.

Les individus hermaphrodites chez la bogue constituent près de 2.2 % de l'effectif total, les autres espèces étudiées du bassin Algérien sont gonochoriques.

La taille à laquelle 50% de l'ensemble des individus sont matures est de 14.02 cm, 18.01 cm, respectivement chez la sardine, la sardinelle. La valeur de cette taille chez la bogue (24.32 cm) et le saurel (23.39 cm) est grande, ce qui suggère une attention à la sélection des échantillons qui contient 100% des individus matures chez la bogue et 90.84% chez le saurel (la période d'échantillonnage par rapport à la période de ponte).

On a conclu aussi que la ponte chez les petits pélagiques est fractionnée d'après l'hétérogénéité et la distribution multimodale des diamètres ovocytaires chez les trois espèces. Cette reproduction est caractéristique des reproducteurs partiels ou hétérochrones.

La fécondité individuelle moyenne de *S. pilchardus* ; *B. boops* et *T. trachurus* respectivement est de 6856 ± 1614 ovocytes ; 34349 ± 6468 ovocytes et de 38392 ± 12395 ovocytes. Le nombre d'œufs susceptibles d'être pondus augmente avec la taille, le poids total, et surtout avec le poids des ovaires.

Au niveau le plus élémentaire, le modèle DEB (*Dynamic Energy Budget*) fournit un cadre à partir duquel nous pouvons décrire l'utilisation de l'énergie au niveau individuel en réponse aux changements de son environnement. Ayant une connaissance de base sur l'allocation d'énergie et à partir des paramètres bioénergétiques estimés, il nous permet de comprendre les stratégies bioénergétiques adoptées par nos espèces.

Bien que la compréhension de la réponse d'une espèce au niveau individuel est une première étape clé pour la compréhension des stratégies physiologiques de l'individu ; de nombreuses autres mesures importantes doivent être prises à l'avenir. Par exemple, prédire l'effet du changement de la température et de la disponibilité trophique sur les différents processus physiologiques entre autre la croissance et la reproduction, couplés le modèle DEB à d'autres modèles biophysiques est un moyen efficace pour la prédiction spatiale et temporelle modèles dans la reproduction et la croissance sous l'évolution de l'environnement conditions.

Il serait souhaitable de faire appel aux modèles IBM, sur la base de modèles bioénergétiques (IBM couplé au modèle DEB), cela pourrait également être appliquée à notre population ; tel rapporté par Pethybridge *et al.* (2013): « it could have sufficient forecasting power to provide useful information to fishery and ecosystem resource managers ». De cette manière, nous pouvons assurer une meilleure

compréhension et une prévision de la variabilité de l'environnement marin et son effet sur l'évolution des stocks.

Au plan de la recherche biologique, plusieurs axes d'étude complémentaires sont à présager :

- Etude plus poussée sur un échantillon plus étendu des quatre espèces étudiées, pour combler les lacunes ;
- Détermination de l'âge par la méthode de l'otolithométrie ;
- Etude histologique surtout pour comprendre le phénomène d'hermaphrodisme ;
- D'autre estimation de la fécondité est préconisée telle la fécondité relative et la capacité de reproduction .

**Références
bibliographiques**

A

Abad, R., et A, Giraldez. (1993). Reproducción, factor de condición y talla de primer madurez de la sardina, *Sardina pilchardus* (Walb.), del litoral de Malaga, mar de Alboran (1989 a 1992); Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 9, 1 : p. 145-155.

Abaunza, P., Farina, A.C., Carrera, P. (1995). Geographic variations in sexual maturity of the horse mackerel, *Trachurus trachurus*, in the Galician and Cantabrian shelf. Sci. Mar. 59: p. 211-222.

Aboussouan, A., et Lahaye, J. (1979). Les potentialités des populations ichtyologiques : fécondité et ichtyoplancton. *Cybium*, 3ème série, 6 : p. 29-46.

Alegría-Hernández, V. (1984a). Observations on the age and growth of *Trachurus trachurus* (L.) in the middle Adriatic. Inst. Ocean. Fish., Biljeske-notes 58 : 6 p.

Alegría-Hernández, V. (1984b). Some aspects of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.) biology in the Adriatic. In: GFCM Report of the third Technical Consultation on Stock Assessment in the Adriatic. Fano, Italy, 6–10 June 1983, p. 123–125. FAO Fish. Rep. 290 : 255 p.

Alegria-Hernandez, V. (1989). Study on the age and growth of bogue (*Boops boops*, L.) from the central Adriatic Sea. *Cybium* 13: p. 281-288.

Allam, S. (2003). Growth, Mortality and Yield Per Recruit of Bogue, *Boops boops* (L.), from the Egyptian Mediterranean Waters off Alexandria. Mediterranean Marine Science. Vol. 4/1 : p. 87-96.

Amenzoui, K., Ferhan-Tachinante, F., Yahyaoui, A., Kifani, S., et Mesfioui, A.K. (2005). Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune (Maroc) ; Bulletin de l'Institut Scientifique. 26, 27: p. 43-50.

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

Azouzi, S.C. (2005). Contribution à l'étude de l'exploitation de la bogue: *Boops boops* (Linné, 1758) de la baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur, I.S.M.A.L: 60 p.

B

Basilone, G., Guisande, C., Patti, B., Mazzola, S., Cuttitta, A., Bonanno, A., Kallianiotis, A. (2004). Linking habitat and growth in the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*). Fish. Res. 68: p. 9-19.

- Bauchot, M.L., Pras, A. (1980).** Guide des poissons marins d'Europe. Delachaux et Niestle (ed), Neuchâtel : 427 p.
- Bebars, M.I. (1981).** Exploitation rationnelle des pêcheries égyptiennes : Application aux pêcheries des sardinelles *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) de la baie de Selloum, Egypte. Thèse de Doct. D'état. Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier : 354p.
- Belouahem, S. (2010).** Estimation de la Biomasse Exploitable de la Sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) du golfe d'Annaba. Mémoire de Magister. Université d'Annaba : 124 p.
- Belhouas, L., Abderrahim, N. (1997).** Contribution à l'étude de la biologie de la bogue (*Boops boops*, L., 1758) (sexualité et exploitation) de la baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur. ISMAL: 100 p.
- Belouhem, S. (2010).** Estimation de la biomasse exploitable de la sardinelle 'Sardinelle aurita, Valenciennes, 1847) du golf de Annaba. Thèse de Magister. Université de Annaba : p. 124.
- Benina, R. (2016).** Biologie et exploitation la bogue *Boops boops* (Linné, 1758) dans la baie de Bou-Ismaïl. Thèse Doctorat. Université d'Oran : 142 p.
- Bennoui, A., Bensmail, S., Tifoura, A. (2013).** Bioéconomique des pêcheries des petits pélagiques de la cote Algérienne, Rapport PNR, CNRDPA (Bou smail).
- Bennoui, A., Bensmail, S., Bouaicha, M., Ferhani, K., Neghli, L., Zeghdoudi, S. (2006).** Biologie des 4 espèces en Algérie. Rapport, CNRDPA (Bou smail).
- Berraho, A., Ettahiri, O., Brochier, T., Benazzouz, A., Larissi, J., Makaoui, A., Somoue, L., Salah, S., Hilmi, K., Orbi, A. (2012).** Distribution des larves de sardine et d'anchois le long du filament du Cap Ghir (région nord-ouest Africaine). *Institut National de Recherche Halieutique, Boulevard Sidi Abderrahmane, 20030 Casablanca, Maroc . J. Sci. Halieut. Aquat., 6 : p. 178-193.*
- Beveton, R.J.H., Holt, S.J. (1956).** A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to reference of bias in catch sampling. Rapp. P.-v Réun. CIEM, 140 : p. 67-83.
- Bhattacharya, C. G. (1967).** A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, p. 115-135. Collection de biologie des milieux marins, 5 : p. 1-121.
- Boely, T., Chabanne, J., Fréon, P., et Stequert, B. (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 : p. 92.

- Borges, M. F., Gordo, L. S., (1991).** Spatial distribution by season and some biological parameters of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.) in the Portuguese continental waters (Division IXa). *ICES C.M.* 1991/H : p 54.
- Botros, G. A., El-Maghraby, A. M., Soliman, I.A.M. (1970).** Biometrics studies in *Sardinella maderensis* Lowe and *Sardinella aurita* from the Mediterranean Sea at Alexandria (U.A.R.). *Bull. Inst. Oceanogr. Fisheries*, 1 : p. 85-128.
- Bouaziz, A., Bennoui, A., Brahmi, B., Semroud, R. (2001).** Sur l'estimation de l'état d'exploitation de la sardinelle (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) de la région centre de la côte algérienne. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, (36) : p. 244.
- Bouaziz, A. (2007).** La sardinelle *Sardinella aurita* (Vanlenciennes, 1847) des cotes Algeriennes» : distribution, biologie et estimation des biomasses. Thèse Doctorat. USTHB : 135 p.
- Bouchereau, J. L. (1981).** Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie). Thèse Doctorale 3^{ème} cycle, Univ. Aix-Marseille II : 239 p.
- Boufersaoui, S. (2012).** Contribution à l'étude du Sparidé *Pagellus acarne* (Risso, 1826) dans la région d'Alger : la structure des peuplements associés, les indices de reproduction, la croissance et l'exploitation. Thèse de Magister : Alger : U.S.T.H.B : 101p.
- Boufersaoui, S., Belaidi, A., Hentour, A. et al. (2013).** Rendement maximal durable : diagnostic du stock du pageot blanc *Pagellus acarne* (Risso 1826) de la région centre algérienne. Oran : 3eme Colloque International sur la Biodiversité et Écosystèmes Littoraux : p. 438-444.
- Boufersaoui, S. (2016).** Biologie et évaluation des stochs de trois sparidés de la région centre de l'Alger : *Lithonathus momyrus*(Linnieus,1758), *Pagrus pagrus*(Linnieus,1758), *Pagellus acarne* (Risso, 1826) dans: la structure des peuplements associés, les indices de reproduction, la croissance et l'exploitation. Thèse de Doctorat .Dely -brahim : INSSMAL : 101p.
- Bouhali, F. Z. (2016).** Étude de la biologie de la sardine *S. pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes Est-algérienne. Thèse de Magister : université d'Annaba : 101p.
- Bounhiol, J. P. (1921).** Sur la biologie de l'allache (*Sardinella aurita* Val.) des côtes d'Algérie. Rapp. Présenté au Congrès de Strasbourg de l'Assoc. Franc. Avanc. Sci. 1920.
- Boutiba, Z., (1992).** Les mammifères Marins d'Algérie. status, répartition, Biologie et écologie.

Thèse Doctoral. Etat : 575p.

Boutiba, Z., (2004). Le quid de l'environnement. Edt. Dar El Ghreb : 220 p.

Brahmi, B., Bennoui, A., Oualiken, A. (1998). Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) dans la région centre de la côte algérienne. *In: Dynamique des Populations marines* (Lleon Art J., ed.) : p. 57-64.

C

Cadima, E. L. (2002). «Manuel d'évaluation des ressources halieutiques». FAO Document technique sur les pêches. N° 393. Rome : p. 1- 160.

Chali-CHabana, F. (1988). Contribution à l'étude biologique et dynamique de la population de bogue *Boops boops* (Linne, 1758) de la baie de Bou Ismail. Thèse de Magister . ISMAL: 114 p.

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

Charef-Belifa, Z. E. (2009). Contribution à l'étude de la croissance de saurel *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) pêche à Oran, par lecture d'otolithes et distribution des fréquences de taille. Mémoire de Magister. Université d'Oran : 78p.

Carrasco, J.F. (1980). Algunos datos sobre la biología del chicharro (*Trachurus trachurus*) de la costa cantábrica. *Boletín de Ciencias de la Naturaleza I.D.E.A.* 26 : p. 73–80.

Carrillo, J. (1978). Biología y crecimiento del jurel (*Trachurus trachurus* (L) y *Trachurus mediterraneus mediterraneus* (Steindachner)) del mar mediterráneo catalan. Tesina de Licenciatura, Dpto. de Zoología y Ciencias marinas, Universidad de La Laguna (Tenerife, España) : 103 p.

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

Chesheva, Z. A. (1998). The method for determining age and growth rate of gilt sardines *Sardinella aurita* in the Senegal-Mauritania population. *Journal of Ichthyolog* 38(9) : p. 814-817.

D

Dahamni, H. (1996). Contribution à l'étude de la croissance de la bogue *Boops boops* (Linné, 1758) dans la baie de Bou Ismail. Mémoire de D.E.U.A, ISMAL: 57 p.

Dahamni, H. (2000). Contribution à l'étude de l'exploitation de *Pagellus acarne* (Risso, 1826) de la baie de bou Ismail. Mémoire d'ingénieur. ISMAL: 82 p.

Daget, J., et Le Guen, J.C. (1975). Dynamique des populations exploitées de poissons in Problèmes d'écologie : la démographie des populations de vertébrés. Lamotte et Bourlière, 443 p., *Masson*, Paris : p. 395-443.

Dagnelie, P. (1984). Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. 2ème éd., Presses agronomiques de Gembloux : 463p.

Dekhni T.V. (1973). Ichthyoplancton de la Mer Noire, « Naukova dumka », Kiev. 1973. Russe.

Derbal, F., Kara, M.H., Madache S. (2007). Cycle sexuel et fécondité de la bogue Boops boops des cotes de l'Est algérien. Workshop international sur la gestion des ressources halieutiques « GRH-2007 ». ISMAL- Alger.

Djabali, F. et al. (1987). Assessment of equation for predicting natural mortality in Méditerranéan teleost.NAGA. The Iclarm. Quartly. 290 x : p. 33-34.

Djabali, F., Brahmi, B., et Mammasse, M. (1993). Poissons des côtes Algériennes. Pelagos; numéro spécial. Bull. de l'ISMAL., Alger : 215 p.

Dumay, J. (2006). Extraction de lipides en voie aqueuse par biose acteur enzymatique combine à l'ultra filtration: application à la valorisation de coproduits de poisson (*sardina pilchardus*).Thèse de Doctorat Labe l'Européen: N°ed367-243 : 284 p.

E

El-Agamy, A., Zaki, M.I., Awad, G.S., Negm, R.K. (2004). Reproductive biology of Boops boops (family Sparidae) in the Mediterranean environment, Egyptian Journal of Aquatic Research, 30 (B) : p. 241-254.

El-Haweet, A., Hegazy, M., Abuhatab, H., et Sabry, E. (2005). Validation of length Frequency analysis for *Boops boops* (bogue) growth estimation.*Egyptian journal of aquatic res earch*, Vol 31 (1) : p. 399-408.

Emmery, A. (2008). Modélisation de la croissance et de la reproduction de la coquille coquille Saint-Jacques *Pecten maximus* selon la théorie «Dynamic Energy Budget» : variabilité environnementale et croissance individuelle. Rapport de stage de MASTER II en Sciences Biologiques Marines : 20 p.

F

Fage, L. (1920). Engraulidae, Clupeidae. Rep. Dan. Ocean. Exp., vol. II. A.9, 1908-1910.

FAO. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Vertébrés, Méditerranée et mer Noire Vol. II. CEE, FAO, Rome.

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 : 254 p.

Fariña Pérez, A.C. (1983). Age and growth of the Galician Shelf horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.). ICES C.M.1983/G. 26 : 11 p.

Fischer, W., Bauchot, M.L., Schneider, M. (1987). Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer noire. (Révision 1. Zone de pêche. FAO (ed), Vertébrés, Volume II : p. 1343- 1376.

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) : p. 101-113.

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.

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

G

Gaamour, A. H., Missaoui, L., Ben-Abdallah, A. E. (2001). Paramètres biologiques de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 dans la région du Cap Bon (canal siculo-tunisien).

Gail, R. (1954). Le saurel (*Trachurus trachurus* Linné) des côtes atlantiques du Maroc. *Rapport ronPof!ypP*. Casablanca.

Gayanilo, F.C., Pauly. D., et Sparre, P. (2005). FISAT User's Guide. FISAT II. En ligne : <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/downloads>.

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) : p. 251-262.

Ghorbel, M., Jarboui, O., Bradai, M. N., et al. (1996). Détermination de la taille de première maturité sexuelle par une fonction logistique chez *Limanda limanda*, *Pagellus erythrinus* et *Scorpaena porcus*. *Bull Inst Natn Sci Tech Mer*, vol. 3: p. 24-27.

Girardin, M. (1981). *Pagellus erythrinus* (Linné, 1758) et *Boops boops* (Linné, 1758) (Pisces sparidea) du Golfe du Lion. Ecobiologie. Prises commerciales et modèles de gestion, Thèse de Doct. 3ème Cycle, Université des sciences et Techniques de Languedoc, Montpellier : 295 p.

Gordo, L.S. (1995). On the sexual maturity of the bogue, *Boops boops* (Teleostei sparidae) from the Portuguese coast. *SCI. MAR.*, 59 (3-4) : p. 279- 286.

Grimes, S., Boutaiba, Z., Bakalem, A., Bouderbala, M., et al. (2004). Biodiversité Marine et littorale Algérienne. *Edt. Sonatrach-Ed. DIWAN*, Alger : 362 p.

Gherram, M. (2009). Contribution à l'étude de la reproduction du saurel (*Trachurus trachurus* L., 1758) pêché en baie d'Oran : étude de l'ovogenèse, période de ponte, sex-ratio, indice de condition et fécondité. Mémoire Magister. Université d'Oran : 87p.

H

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.

Hajji, T., Ben Hassine, O.K., Tarrugio, H. (1998). Impact du copépode parasite *Peroderma cylindricum* Heller, 1868 sur la croissance et la fécondité des stock exploités de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792). *Rapport de la 2ème réunion du groupe de travail DYNPOP du CIESM*, Tunisie35 : p. 79-86.

Harchouche, K., (2006). Contribution à la systématique du genre *Spira*: écologie,biologie et exploitation de *Spira meama* (poisson Téléostéen) des cotes Algériennes». Alger, USTHB : 255p.

Hemida, F. (2005). Les sélaciens de la cote algérienne : biosystématique des requins et des raies ; écologie, reproduction et exploitation de quelque populations capturées. *Thèse de Doctorat d'état*, USTHB: 233p.

Holden, M.J et Rait, D.F.S. (1974). Manuel des sciences halieutiques partieII. méthodes d'investigations des ressources et leur application . FAO. Fisheries Technical Paper. N°115 (révision1) : 223p.

J

Junquera, S.C., Porteiro, C., Moguedand, P. (1988). Contribution to the interpretation of the ring distribution pattern of Horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.) otoliths ICES C.M 1988.H : p. 25-13.

K

Karlou-Riga, C., Economidis, P.S. (1996). Ovarian atretic rates and sexual maturity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.) in the Saronikos Gulf (Greece). *Fish. Bull. U.S.* 94: p. 66–76.

Karlou-Riga, C., Sinis, A. (1997). Age and growth of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.), in the Gulf of Saronikos (Greece). *Fish. Res.* 32 : p. 157–171.

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 : p. 1-608.

Kartas, F., et Quignard, J. P. (1984). La fécondité des poissons Téléostéens. Masson éd. Collection de biologie des milieux marins, 5 : p. 1-121.

Kerstan, M. (1985). Age, growth, maturity and mortality estimates of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) from the waters of Great Britain and Ireland in 1984. *Arch. Fish. Wiss.*, 36(1/2) : p. 115-154.

Khemiri, S. Gaamour, A. Zylberberg, L. Meunier, F. et Romdane, S. (2005). Age and growth of bogue, *Boops boops*, in Tunisian waters. *ACTA ADRIAT*, 46 (2) : p.159- 175.

Kherraz, A., (2011). Aspect biologique et évaluation de la pêche de la bogue (*Boops boops* L.) de la frange côtière oranaise. Biologie – Croissance – Exploitation. Mémoire de Magister, Université d'Oran, Algérie : 110 p.

Khoufi, W. (2015). Biologie, dynamique des populations et gestion des pêcheries du merlu (*merluccius merluccius* rafinesque, 1810) en tunisie. Thèse de doctorat : 162 p.

Kooijman, S.A.L.M. (1988). The von Bertalanffy growth rate as a function of physiological parameters : a comparative analysis. In : Hallam, T.G. et al. (ed), *Mathematical Ecology*. Amsterdam : World Scientific : P. 3–45.

Kooijman, S. A. L. M. (2000). *Dynamic Energy and Mass Budgets in Biological Systems*. Second edition. Cambridge University Press : p. 365.

Kooijman, S. A. L. M., Baas, J., Bontje, D., Broerse, M., van Gestel, C. A. M., Jager, T. (2008). Ecotoxicological applications of dynamic energy budget theory. In J. Devillers, editor, Ecotoxicology Modeling. Springer.

Kooijman, S. A. L. M. (2010). Dynamic Energy Budget theory for metabolic organisation. third edition. Cambridge University Press : 490 p.

Korichi, H. (1988). Contribution à l'Etude biologique des deux espèces de saurels: *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) et de la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) en baie de Bou Ismail (ALGER). ISMAL : 260 p.

Koutrakis, E.T., Tsikliras, A.C. (2003). Length-weight relationships of fishes three northern Aegean estuarine systems (Greece). *J. Appl. Ichthyol.* 19 : p. 258-260.

L

Ladaimia, S. (2017). Reproduction, âge et croissance de deux Téléostéens pélagiques des côtes de l'extrême Est algérien (El Kala): l'anchois, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) et la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792). Thèse de Doctorat d'état université d'Annaba : p. 18-80.

Lamrini, A. (1988). Les Sparidae de la côte Atlantique Marocaine. Reproduction, croissance et exploitation de cinq espèces. Thèse de Doctorat d'état en sciences naturelles. UBO. Brest : 378 p.

Lamrini, A. (1998). Activité reproductrice de *Pagellus acarne* (Risso 1826) sur la côte atlantique marocaine. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol. 18, no 2 : p. 77-86.

Lawol, A.S. (1984). Contribution à l'étude de l'exploitation et de la croissance de quatre espèces de sparidées : *Boops boops* (Linné, 1758), *Diplodus senegalensis* (Cadenat, 1964), *Diplodus vulgaris* (Geoffroy), *Pagellus acarne* (Risso, 1826) dans la région de Mehdiya (Maroc). Rabat (Maroc) : 64 p.

Lee, J. Y. (1961). Note complémentaire sur les sardinelles *Sardinella aurita* C.V. du Golfe du Lion. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 16 (2) : p. 335-339.

Letaconnoux, R. (1951). Contribution à l'étude des espèces du genre *Trachurus* et spécialement du *Trachurus trachurus* (Linné, 1758). *Mém. Off. scient. Tech. Pêch. marit.*, 15 : 1- 67.

Lika, K., Kearney, M.R., Freitas, V., van der Veer, H.W., van der Meer, J., Wijsman, J.W.M., Pecquerie, L., Kooijman, S.A.L.M. (2011a). The "covariation method" for estimating the parameters of the standard Dynamic Energy Budget model I: Philosophy and approach. *J. Sea Res.* 66 : p. 270–277.

Lika, K., Kearney, M.R., Kooijman, S.A.L.M. (2011b). The “covariation method” for estimating the parameters of the standard Dynamic Energy Budget model II: Properties and preliminary patterns. *J. Sea Res.* 66 : p. 278–288.

M

Marella, P., Quetglas, A., Alemany, F., Carbonella, A. (1997). Length-weight relationship of fish and cephalopods from the Balearic Islands (western Mediterranean). *Naga. ICLARM Q.*, 20(3-4) : p. 66-68.

Mater, S., Bayhan, B. (1999). Growth of the sardine (*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)) distributed in Izmir Bay, Aegean Sea. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 16(3-4) : p. 257-267.

Matzelle, A., Montalto, V., Sarà, G., Zippay, M., Helmutha, B. (2014). Dynamic Energy Budget model parameter estimation for the bivalve *Mytilus californianus*: Application of the covariation method. North eastern University Marine Science Center, 430 Nahant Rd., Nahant, MA 01908, USA, *J. Sea Res.* : 6 p.

Maxim C., Maxim C. (1988). Évaluation du stock de sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) sénégal-mauritanienne. *Cercet Marine* 20/21: p. 313-344.

Nazarov, N.A. (1978). Age and growth rate of the North East Atlantic horse mackerel. *ICES C.M.* 1978/H:22: 23 p.

Mellinger, J. (2002). Sexualité et reproduction chez les poissons. CNRS Ed., Paris : 364 p.

Miniconi, R. (1994). Les poissons et la pêche en méditerranée: la Corse. Alain Piazzola et La Morge. Ed : 505p.

MPRH. (2004). Plan national de développement de la pêche et de l'aquaculture, 2003-2007 : 77 p.

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

Morales B. (1990). Parametros biológicos del salmonete *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Mallorca. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 7(2) : p. 139-147.

Mouneimne, N. (1978). Poissons des côtes du Liban. Thèse de doctorat d'état, Université de P. & M. Curie. Paris : 272 p.

N

Navarro, F. P. (1927). Estudio sobre clupeidos de Baleares, 2. La alacha. *Notas Resum.*

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

Nazarov, N.A. (1978). Age and growth rate of the North East Atlantic horse mackerel. ICES C.M. 1978/H.22 : 23 p.

O

Oliver, M., et Navarro, F. P. (1952). La alacha y la sardine de Baleares. Investigaciones en 1950 y 1951. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., (58) : p. 1-49.

Oosthuizen, E., et Daan, N. (1974). Egg fecundity and maturity of North Sea cod (*Gadus morhua*). *Neth. J. Sea Res.*, 8 (4) : p. 378-397.

P

Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks». *J. Cons. CIEM*, 39 (3) : p.175-192.

Pauly, D., Munro, J. L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, vol 2 no 1, p.21.1-16.2892. [Cité le 8 juillet 2005] : p. 48-56.

Pauly, D. (1985). Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. *FAO Doc. Tech. Pêches* (234) : 56 p.

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. Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la MER (Ifremer) Département Ecologie et Modèles pour l'Halieutique (EMH) : 238 p.

Podosinnikov, A.Y., Chevelya, V.I. (1985). Matériel sur le développement de carangidés genre *Trachurus* (Carangidae). Problème de l'ichthyologie, vol.25 ed.6. Russe.

Powell, D.G. (1979). Estimation of mortality and growth parameters from the length frequency. Estimation of mortality and growth parameters from the length frequency of a catch. *Rapp.P.V.Réun, CIEM*, 175: p. 167-169.

R

Raffaele, F. (1888). Le uova galleggianti e le larve dei Teleostei del golfo di Napoli. *Mitth. Zool. Stat. Neapel*, 8.

Ré, P., and I. Meneses.,2009. Early stages of marine fishes occurring in the Iberian Peninsula. *IMAR/University Lisboa: IPIMAR.*

S

Santic, M., Jardas, I., Pallaro, A. (2002). Age, growth and mortality rate of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L), living in the eastern central Adriatic. *Periodicum Biologorum UDC* 57:61, Vol. 104, n°2 : p. 165-173.

Schwartz, D. (2006). Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Ed Flammarion, 4ème ed., 7ème tirage : 311 p.

Sedletskaya, V.A. (1971). The dynamic of spawning in *Trachurus trachurus* L. by shores of North-West Africa. *Trudy Atlant. NIRO* 41: p. 122–130.

Sidibe, A. (2003). Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. Thèse de Doctorat Halieutique, Ensa-Rennes : 320 p.

Silva, A., Santos, M. B., Morais, A., Carrera, P., Alvarez, P., Jorge, A., Peleteiro, E., Caneco, B., Porteiro, C., Uriarte, A. (2004). Geographic variability in sardine maturity and growth within the Atlanto-Iberian stock area. *ICES CM / Q*: 15.

Silva, A., Santos, M., Caneco, B., Pestana, G., Porteiro, C., Carrera, P., Stratoudakis, Y. (2006) «Temporal and geographic variability of sardine maturity at length in the northeastern Atlantic and the western Mediterranean». *ICES J. Mar. Sci.*, 63: p. 663-676.

Sinovic, G. (2000). Anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758): Biology, population dynamics and fisheries case study. *Acta Adriat.*, 41: p. 3-53.

Sinovic, G., Franicevic, M., Cikes Kec, V. (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 Ichthyology*. Volume 20 : p. 53 -57.

Simpson, C. (1951). The fecundity of the plaice. *Fish. Invest. Lond. ser. 2*, 17 5: 27 p.

Sparre, P., et Venema, S. C. (1996). Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. (première partie : manuel). (FAO document technique sur les pêches N° 306/1). Rome, FAO.

Stequert, B., et Ramcharrum, B. (1995). La fécondité du listao. (*Katsuwonus pelamis*). *Aquat. Living Resour.*, 8 (1) : p. 79-89.

Stergiou, K.I., Moutopoulos, D.K. (2001). A review of length-weight relationships of fishes from Greek marine water. Naga, *ICLARM Q.*, 24 (1-2) : p. 23-39.

T

Tahari, F. Z. (2011). Contribution de l'étude de la biologie de la reproduction d'un petit pélagique le saurel *Trachurus trachurus* : Spermatogenèse, condition, RGS,RHS. Mémoire de Magister. Université d'Oran : 64p.

Trouvery, M. (1977). Croissance du chinchard *Trachurus trachurus* dans le Golfe de Gascogne et sur le Plateau Celtique. ICES C.M. 1977/J. 10 : 18 p.

Turner, J., El Quairi, M., Mennes, F. (1984). Status of *Trachurus trachurus* stocks off the coast of Northern Morocco from 1976– 1983. Institut Scientifique des Pêches Maritimes/ UNDP / FAO / Project MOR / 81 / 002 : p. 147–170.

V

Van der Veer, H., Cardoso, J., Van der Meer, J. (2006). The estimation of DEB parameters for various Northeast Atlantic bivalve species. *J. Sea Res.* 56 (2) : p. 107–124.

Vodianitsky, V.A. (1930). Œufs pélagiques et larves de poissons au large de Novorossiisk. Travaux de la station biologique de Novorossiisk, ed. 4. Novorossiisk. Russe.

Von Bertalanffy, L. V. (1938). A quantitative theory of organic growth. (Inquiries on growth laws II). *Hum. Biol.* 10: p. 181-213.

Voulgaridou, P., Stergiou, K.I. (2003). «Trends in various parameters of sardine». *Sci. Mar.*, 67(Suppl. 1): p. 269-280.

W

Wengrzyn, J. (1975). Age and growth of *Trachurus trachurus* L. from North-West African waters. *ICES C.M.* 1975/J. 19 : 17 p.

Whitehead, P.J. (1985). Clupeoïd fishes of the world (suborder clupeoïdes) fish. *Synopsis*, 125(7) : p. 1-303.

Z

Zoubi, A., (2001). Etude de la biologie de croissance des principaux stocks démersaux de la méditerranée marocaine. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 36 : 341p.

Zuniga, L. (1967). Estudio del crecimiento de *Boops boops* (L.) del Levante Español. Instituto Investigaciones Pesqueras. Laboratorio del Grao de Castellón. 31(3) : p. 383-418.

Annexe

Tableau A.1. Les paramètres du modèle bioénergétique

Symbole	Dimension	Description
δ_M	--	Coefficient de forme
T_A	K	température d'Arrhenius
K	J cm ⁻³	Constante de demi-saturation sur la densité trophique
$\{\dot{P}_{Am}\}$	J cm ⁻² d ⁻¹	Taux d'assimilation surface-spécifique
\dot{v}	cmd ⁻¹	Conductance énergétique
$[\dot{P}_M]$	J cm ⁻³	Coût de maintenance volume-spécifique
$[E_G]$	J cm ⁻³	Coût de construction structural volume-spécifique
$\dot{\kappa}_J$	d ⁻¹	Taux de maintenance de la maturité
E_{Hb}	J	Maturité à la naissance
E_{Hp}	J	Maturité à la puberté

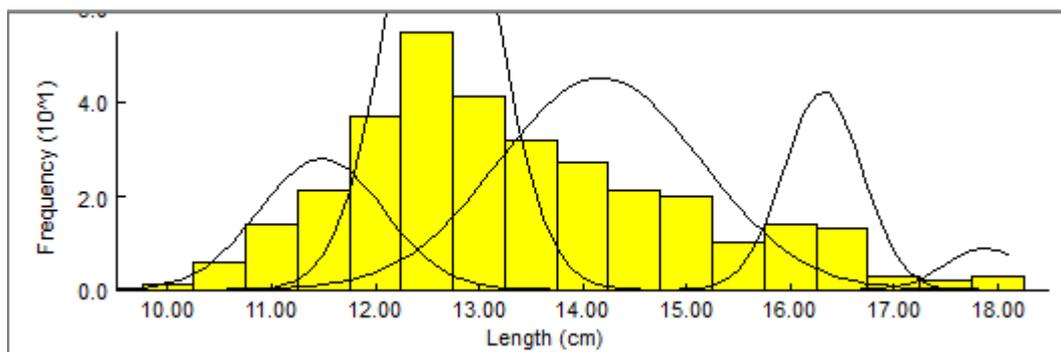


Figure A.1. Sous population obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II 1.2.0) chez *S. pilchardus*

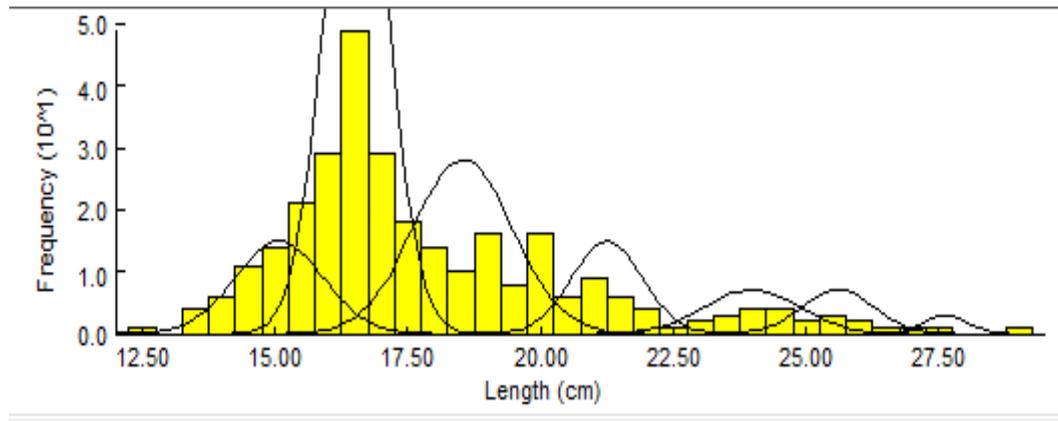


Figure A.2. Sous population obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II 1.2.0) chez *S. aurita*.

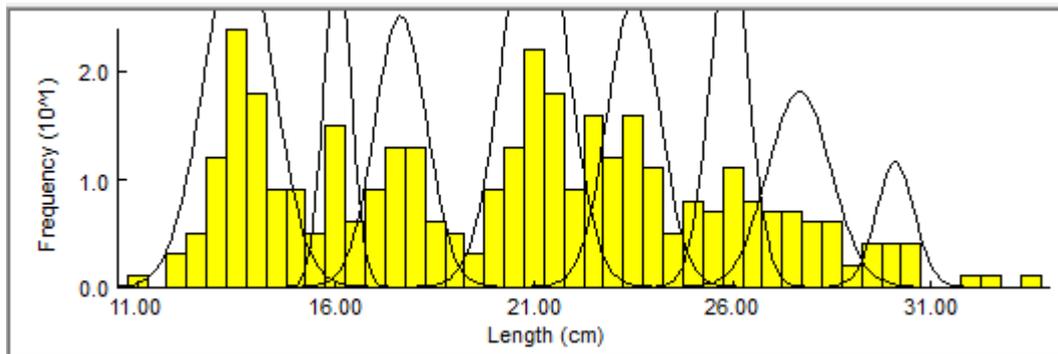


Figure A.3. Sous population obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II 1.2.0) chez *B. poops*

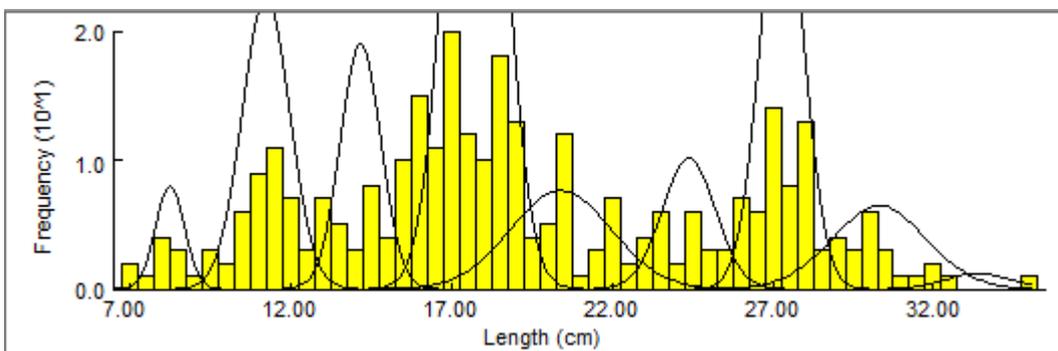


Figure A.4. Sous population obtenues par la méthode de Bhattacharya (FISAT II 1.2.0) chez *T. trachurus*

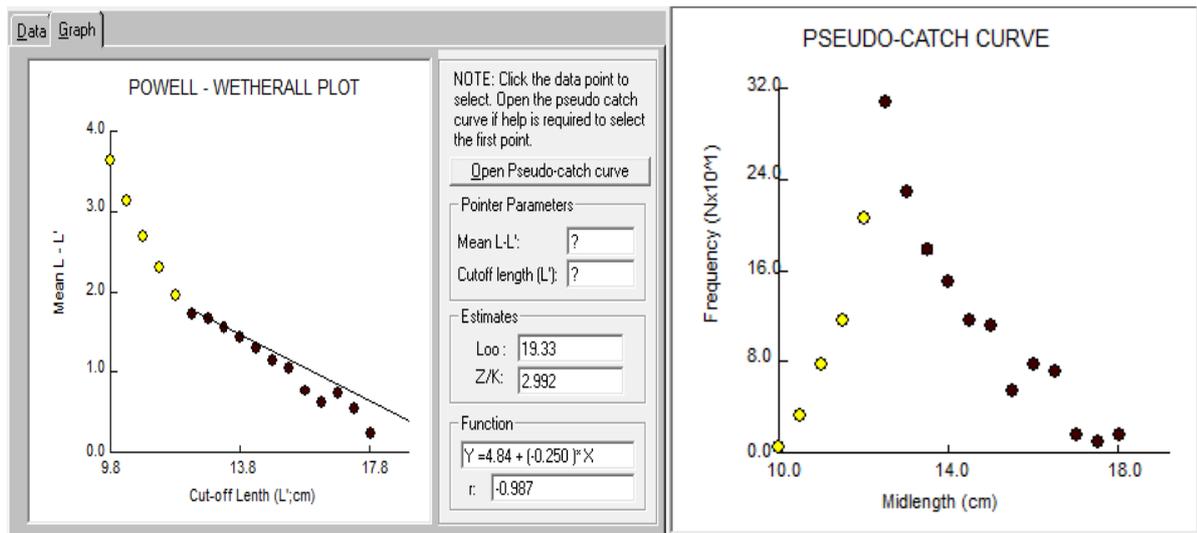


Figure A.5. Détermination de L_{∞} et chez *S. pilchardus* par la méthode de Powell Wetherall (FISAT II version 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005).

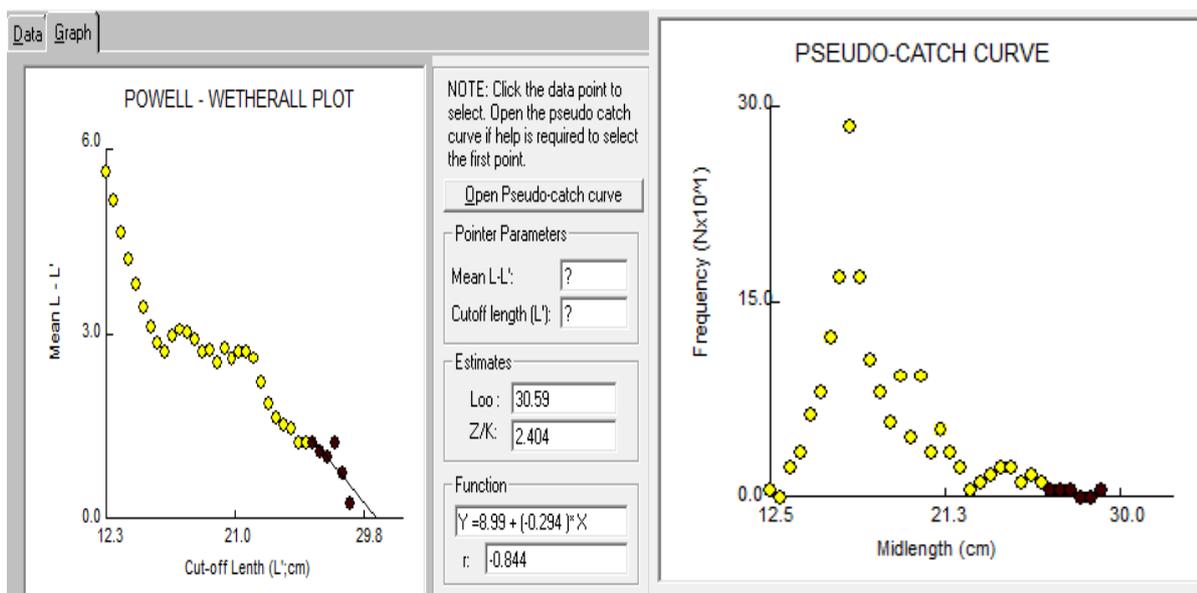


Figure A.6. Détermination de L_{∞} et chez *S. aurita* par la méthode de Powell Wetherall (FISAT II version 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005).

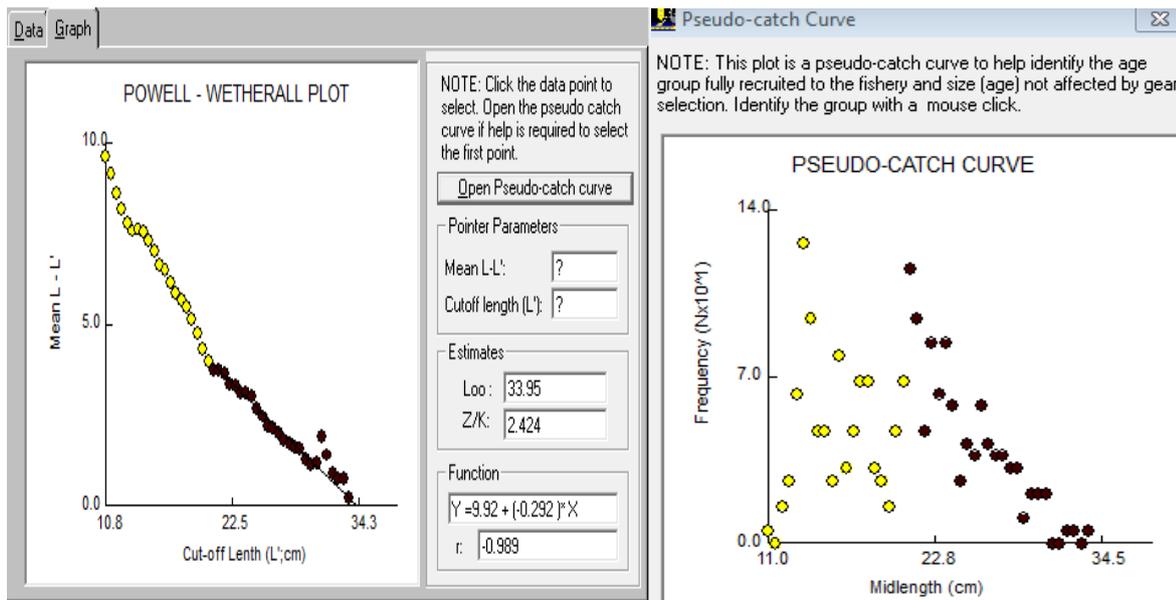


Figure A.7. Détermination de L_{∞} et chez *B. boops* par la méthode de Powell Wetherall (FISAT II version 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005).

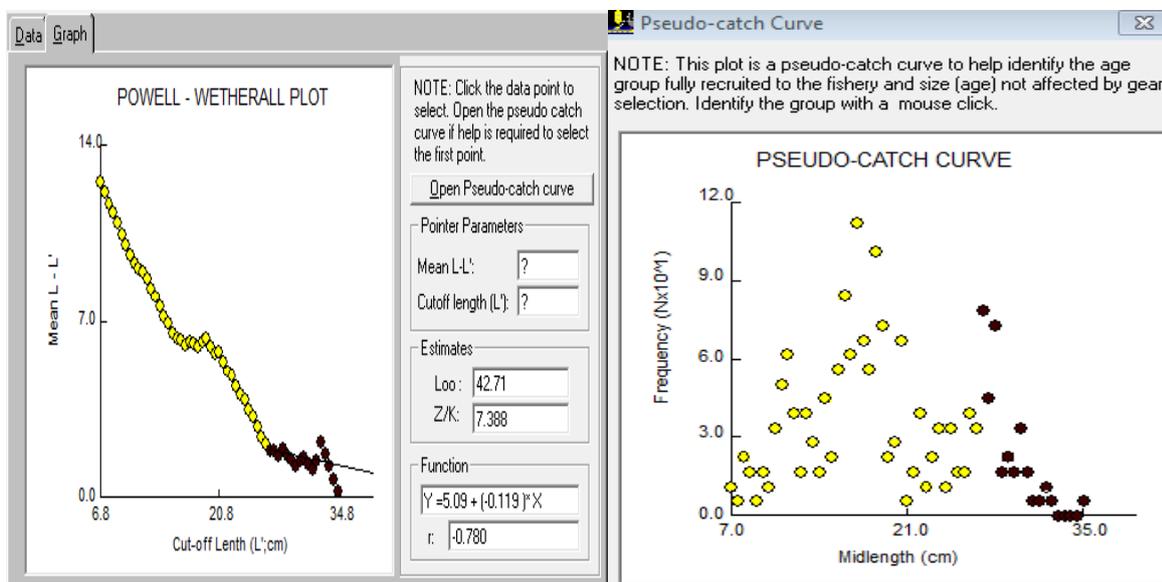


Figure A.8. Détermination de L_{∞} et chez *T. trachurus* par la méthode de Powell Wetherall (FISAT II version 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005).

Tableau A.2. Récapitulatifs des différents résultats obtenus de \emptyset' par la bibliographie chez les espèces étudiées

	Auteur (année)	Région	L_{∞} (cm)	K (an-1)	\emptyset'
<i>S.pilchardus</i>	Pauly (1978)	Grèce	16.7	0.483	2.13
	Bouchereau (1981)	Oran	21.04	0.21	1.97
	Kartas (1981)	Tunisie	19.43	0.43	2.21
	Mouhoub (1986)	Baie de Bou-Ismaïl	20.28	0.256	2.02
	Djabali et al (1991)	Béni-Saf	20.5	0.26	2.04
	Akyol (1996)	Turquie	15	0.593	2.13
	Hajji et al (1998)	Tunisie	21.57	0.186	1.94
	Kada et al 2002-2004)	Méditerranée marocaine	21.30	0.56	2.40
	CNRDPA, (2005)	Côte Algérienne	23.61	0.468	2.42
	Boukajota et Zegloul (2009)	Golf Annaba	22.35	0.238	2.08
	CNRDPA (2012)	Ouest Algérien	23.29	0.49	2.42
	Bouhali (2016)	Est Algérien	20.21	0.51	2.32
	Présente étude (2018)	Bassin Algérien	19.33	0.396	2.17
<i>S.saurita</i>	Navarro (1927)	Espagne	30.30	0.37	2.53
	Navarro (1932)	Espagne	27.54	0.458	2.54
	Oliver et Navarro (1952)	Espagne	27.40	0.44	2.52
	Bébars (1981)	Egypte	33.11	0.20	2.33
	Kartas (1981)	Tunisie	28.99	0.36	2.48
	Bouaziz (2007)	Région Algéroise	29.82	0.41	2.56
	Belouahem (2010)	Golf d'Annaba	27.41	0.41	2.49
		Présente étude (2018)	Bassin Algérien	30.59	0.33
<i>B.boops</i>	Zuniga (1967)	Espagne	35.6	0.166	2.19
	Mouniemne (1978)	Liban	24.31	0.056	1.52
	Chali-chibane(1988)	Baie de Bou-Ismaïl	25.401	0.288	2.27
	Lamrini (1988)	Tanger	31.10	0.338	2.51
	Djabali et al (1993)	Baie de Bou-Ismaïl	25.40	0.29	2.27
	Belhouas et Abderrahim (1997)	Bou-Ismaïl	29.39	0.205	2.27
	Zoubi (2001)	Méditerranée marocaine	31.50	0.28	2.44
	khemiri et al (2005)	Coté Est de Tunisie	26.70	0.22	2.20
	El-haweet et al (2005)	Egypte	28.10	0.18	2.15
	kherraz (2010)	Baie d'Oran	24.04	1	2.76
	Benina (2015)	Baie de Bou-Ismaïl	29.66	0.33	2.46
	Présente étude (2018)	Bassin Algérien	33.95	0.165	2.28
<i>T.trachurus</i>	Wengrzyn (1975)	NW d'Afrique	50.00	0.13	2.51
	Carrillo (1978)	NW Méditerranée	37.66	0.22	2.49
	Tumer et al. (1984)	NW Afrique	38.00	0.330	2.68
	Korichi (1988)	Baie Bou-Ismaïl	33.01	0.23	2.40
	Ouabi-Idar (1995)	Baie Bou-Ismaïl	29.54	0.243	2.33
	Maxim (1995)	NW Afrique	38.98	0.278	2.63
	Karlou-Riga et Sinis (1997)	Grèce	30.27	0.366	2.53
	Charef-belifa (2009)	Oran	24.70	0.86	2.72
		Présente étude (2018)	Bassin Algérien	42.71	0.19

Tableau A.3. Variation du sex-ratio en fonction de la taille chez *S. pilchardus* (DS : différence significative ; DNS : différence non significative)

Centre de classe (cm)	Pourcentage %		± (Intervalle de confiance)	Sex-ratio	Teste de comparaison	
	Mâles	Femelles			Écal	
10.75	100	0	0	0	--	--
11.25	100	0	0	0	--	--
11.75	70	30	28.40	0.43	6.59	DS
12.25	85.71	14.29	12.96	0.17	15.41	DS
12.75	73.68	26.32	14.00	0.36	8.12	DS
13.25	80	20	15.68	0.25	11.32	DS
13.75	81.25	18.75	19.13	0.23	12.09	DS
14.25	69.23	30.77	17.74	0.44	6.29	DS
14.75	47.62	52.38	21.36	1.1	0.72	DNS
15.25	50	50	23.10	1	0	DNS
15.75	30	70	28.40	2.33	6.59	DS
16.25	76.92	23.08	22.90	0.3	9.65	DS
16.75	10	90	18.59	9	20.13	DS
17.25	0	100	0	--	--	--
17.75	0	100	0	--	--	--
18.25	0	100	0	--	--	--
Somme	65.79	34.21	6.16	0.52	5.03	DS

Tableau A.4. Variation du sex-ratio en fonction de la taille chez *S. aurita* (DS : différence significative ; DNS : différence non significative)

Centre de classe (cm)	Pourcentage %		± (Intervalle de confiance)	Sex-ratio	Teste de comparaison	
	Mâles	Femelles			Écal	
13	87.5	12.5	22.92	0.14	--	--
14	90.91	9.09	12.01	0.10	--	--
15	87.72	12.28	8.52	0.14	19.06	S
16	66.18	33.82	11.25	0.51	5.67	S
17	65.38	34.62	18.29	0.53	5.36	S
18	40.91	59.09	20.55	1.44	3.07	S
19	44	56	19.46	1.27	2.00	S
20	71.43	28.57	23.66	0.40	7.87	S
21	66.67	33.33	30.80	0.50	5.86	S
22	50	50	49	1.00	0	NS
23	42.86	57.14	36.66	1.33	2.39	S
24	0	100	0	--	--	--
25	75	25	42.44	0.33	9.57	S
26	100	0	0	0.00	--	--
27	100	0	0	0.00	--	--
28	100	0	0	0.00	--	--
Somme	68.00	32.00	5.51	0.47	6.40	S

Tableau A.5. Variation du sex-ratio en fonction de la taille chez *B. boops* (DS : différence significative ; DNS : différence non significative)

CC (cm)	Pourcentage %		± (Intervalle de confiance)	Sex-ratio	Teste de comparaison	
	Mâles	Femelles			ϵ_{cal}	
11	100	0	0	0	--	--
12	0	100	0		--	--
13	71.43	28.57	33.47	0.4	7.77	DS
14	63.64	36.36	28.43	0.57	4.64	DS
15	50	50	30.99	1	0.00	DNS
16	33.33	66.67	21.78	2	5.79	DS
17	63.64	36.36	28.43	0.57	4.64	DS
18	35	65	20.90	1.86	5.15	DS
19	57.14	42.86	36.66	0.75	2.37	DS
20	28.57	71.43	23.66	2.5	7.77	DS
21	45.95	54.05	16.06	1.18	1.33	DNS
22	41.18	58.82	23.40	1.43	2.94	DS
23	43.48	56.52	20.26	1.3	2.15	DS
24	55	45	21.80	0.82	1.65	DNS
25	58.33	41.67	27.89	0.71	2.77	DS
26	27.78	72.22	20.69	2.6	8.12	DS
27	53.85	46.15	27.10	0.86	1.26	DNS
28	25	75	24.5	3	9.45	DS
29	57.14	42.86	36.66	0.75	2.36	DS
30	50	50	49	1	0.00	DNS
31	66.67	33.33	53.34	0.5	5.79	DS
32	0	100	0	--	--	--
33	100	0	0	0	--	--
Somme	45.52	54.48	5.96	1.197	1.47	DNS

Tableau A.6. Variation du sex-ratio en fonction de la taille chez *T. trachurus* (DS : différence significative ; DNS : différence non significative)

Centre de classe	Pourcentage %		± (Intervalle de confiance)	Sex-ratio	Teste de comparaison	
	Mâles	Femelles			E _{cal}	
8	100	0	0	0	--	--
11	57.14	42.86	25.92	0.75	2.31	DS
12	100	0	0	0	--	--
13	66.67	33.33	37.72	0.5	5.67	DS
14	100	0	0	0	--	--
15	76.92	23.08	22.90	0.3	10.24	DS
16	73.33	26.67	22.38	0.36	8.46	DS
17	52.38	47.62	21.36	0.91	0.76	DNS
18	77.27	22.73	17.51	0.29	10.43	DS
19	66.67	33.33	20.16	0.5	5.67	DS
20	80	20	20.24	0.25	12.02	DS
21	55.56	44.44	32.46	0.8	1.79	DNS
22	66.67	33.33	30.80	0.5	5.67	DS
23	83.33	16.67	29.82	0.2	14.34	DS
24	77.78	22.22	27.16	0.29	10.71	DS
25	71.43	28.57	33.47	0.4	7.60	DS
26	58.33	41.67	27.89	0.71	2.71	DS
27	50	50	21.91	1	0.00	DNS
28	60	40	21.47	0.67	3.27	DS
29	33.33	66.67	37.72	2	5.67	DS
30	33.33	66.67	30.80	2	5.67	DS
31	0	100	0.00		--	--
32	50	50	69.30	1	0	DNS
33	0	100	0		--	--
35	100	0	0	0	--	--
Somme	64.98	35.02	5.83	0.54	5.03	DS

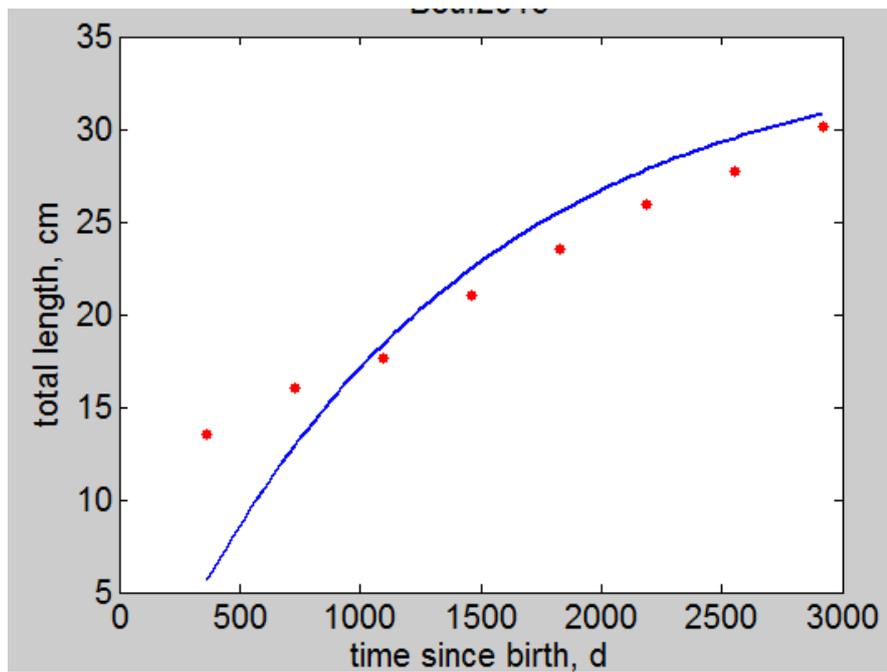


Figure A.9. Courbe de croissance linéaire théorique du modèle bioénergétique DEB obtenue chez la bogue.

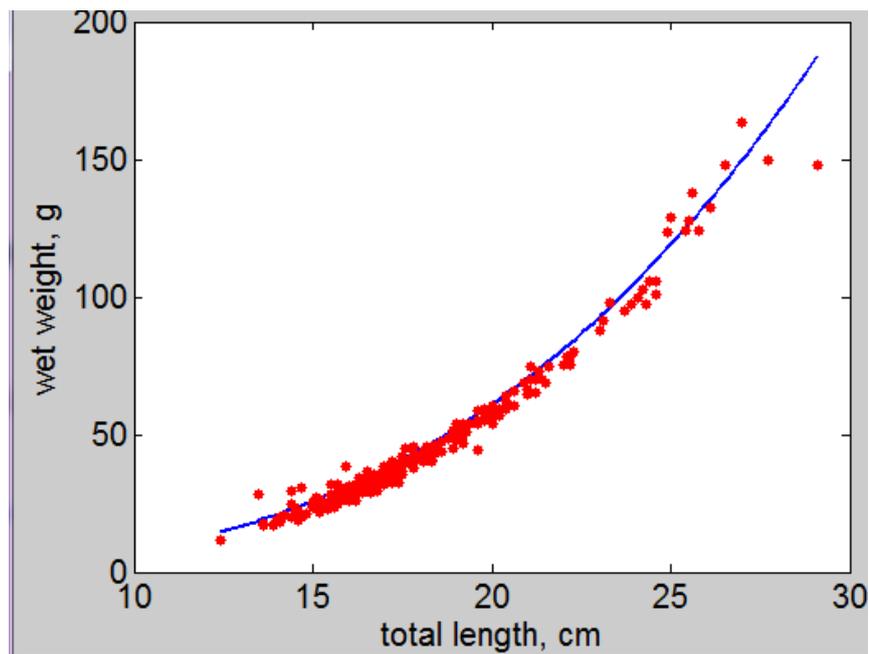


Figure A.9. Evolution du poids (W_T) en fonction de la taille (L_T) du modèle bioénergétique DEB chez les la sardinelle.

