

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



T H È S E

Présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Par :

HANDJAR Houria

Thème

**Biologie, écologie et évaluation des stocks de
petits pélagiques dans la région ouest du bassin
algérien**

Soutenue publiquement le 28/11/2019 devant le comité de jury composé de :

Président : Pr. Bounaceur F

Professeur à l'université de Tiaret

Directeur de thèse: Pr .Niar A

Professeur à l'université de Tiaret

Co-promoteur: Pr. Van der meer.J

Professeur à l'université d'Amsterdam

Examinatrice: Pr. Benchaib F

Professeur à l'université de Tiaret

Examineur: Pr. Derbal F

Professeur à l'université d'Annaba

Examineur: Pr. Kara H

Professeur à l'université d'Annaba

Année universitaire: 2019 -2020

Remerciements

Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

En préambule, il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude à tous ceux qui, par leur enseignement, leur soutien et leurs conseils, m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent à M. Bounaceur, F Professeur à l'université d'Ibn Khaldoun, qui me fait l'honneur de présider ce jury, en dépit de ses responsabilités. J'apprécie sa disponibilité bienveillante.

Qu'il trouve dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance.

La personne à qui je dois le plus se trouve être mon directeur de thèse. Grâce à lui j'ai pu faire ce travail.

Je le remercie sincèrement pour son encadrement et ses encouragements. Je le remercie pour toutes les discussions stimulantes et ses conseils judicieux qui ont fait avancer ce travail.

Monsieur Niar A., a été un agréable directeur de thèse.

C'est avec une grande plaisir que j'adresse mes profonds remerciements à la personne qui m'a beaucoup aidé, mon copromoteur M. Jaap Van Deer Mer, Professeur en écologie des populations marines à l'université d'Amsterdam (Netherland). Qu'il me soit plus particulièrement permis de lui dire toute ma reconnaissance pour son accueil, sa bienveillance, et sa patience pour élucider et à mieux comprendre certains problèmes rencontrés au cours de ce travail.

Je ne le remercierai jamais assez.

Mes remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions et leurs critiques :

- Me. Benchaib.F, Professeur à l'université d'Ibn Khaldoun, pour s'être intéressé à mon travail et pour avoir accepté de l'examiner en participant à ce jury.

Qu'elle me soit permise de lui exprimer ma sincère gratitude.

- M. Derbal F., Professeur à l'université d'Annaba, pour avoir pris le temps d'examiner ce travail.

- M. Kara H., Professeur à l'université d'Annaba qui me fait l'honneur de juger ce travail malgré ses nombreuses occupations ;

J'apprécie leur disponibilité bienveillante ;

- Aux membres de l'équipe de laboratoire de bio-ressources marine de l'université d'Annaba, Madame Bouzid Habiba et sa famille ..

je leur exprime toute ma reconnaissance pour avoir bien voulu m'aider et me former à la lecture des otolithes.

Qu'ils trouvent dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous les professeurs qui m'ont enseigné et soutenue dans la poursuite de mes études, plus spécialement M. Zeddak M. et M. Zidane enseignants-chercheur à l'université de Tiaret, Me Boufersaoui S., M Kassar A., enseignants-chercheurs à l'ENSMMAL M Djazar M. , dont les conseils et directives ont été très utiles à la réalisation de ce travail.

Qu'ils reçoivent par ce travail un hommage à leur haute personnalité.

Un grand merci pour ma sœur Meriem ; elle a grandement contribué dans la réalisation du travail de sclérocronologie.

Une pensée particulière est adressée aux membres de la pêcherie de Tiaret que j'ai côtoyés quotidiennement, dont j'ai apprécié l'aide, la gentillesse et la bonne humeur et à tous les consultants et internautes rencontrés.

Dédicace

Je dédie ce succès aux êtres les plus chers dans ma vie, ma raison de vivre :

- A ma mère qui, par ses prières et ses encouragements, m'a fait surmonter les obstacles ;

- A mon père qui m'a toujours soutenu et encouragé pendant la réalisation de ce travail ;

Vous êtes les sources de mes joies, secrets de ma force Vous serez toujours le modèle :

Baba, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté

Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour nous

C'est à vous que je dois cette réussite et je suis fière de vous l'offrir

A mes sœurs : Khaoula et Meriem

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, santé et de réussite

A Mes frères: Houdifa et Mohammed el Fateh

Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de

Fraternité et d'amour.

- A mon mari

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre soutien m'a été d'un grand secours.

A ma belle famille

Cela fait maintenant des années que je partage ma vie avec vous.

Je sais enfin ce que j'ai toujours su que le bonheur d'avoir une belle famille sur laquelle on peut compter. Je vous dis merci et je vous souhaite bonheur, réussite et prospérité.

- Et surtout A mes deux bijoux « Taki et Tamim »

Avoir des enfants est le plus beau cadeau du dieu : les petites mains, l'envie de parcourir le monde, l'innocence, les sourires, les yeux brillants sont incomparables. Vous avez apporté beaucoup de bonheur à notre famille. Je vous aime

- A mes chères amies : Amel, Dounia, Madiha, Naima, Samira, Sara et Souria

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter.

En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de Bonheur. Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon

Affection.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Données générales et échantillonnage	3
1. Données générales	4
1.1. Zone d'étude	4
1.1.1. Description générale	4
1.1.2. Conditions environnementales.....	5
1.2. Présentation des espèces étudiées	6
1.2.1. <i>Boops boops</i>	7
1.2.1.1. Position systématique	7
1.2.1.2. Description.....	7
1.2.1.3. Habitat et biologie:.....	8
1.2.1.4. Engins de pêche:	8
1.2.2. <i>Sardina pilchardus</i>	8
1.2.2.1. Position systématique	8
1.2.2.2. Description.....	9
1.2.2.3. Habitat et biologie :.....	9
1.2.2.4. Engins de pêche:	9
1.2.3. <i>Sardinella aurita</i>	10
1.2.3.1. Position systématique	10
1.2.3.2. Description.....	10
1.2.3.3. Habitat et biologie:.....	10
1.2.3.4. Engins de pêche:	11
1.2.4. <i>Trachuus trachurus</i>	11
1.2.4.1. Position systématique	11
1.2.4.2. Description.....	11

1.2.4.3. Habitat et biologie :.....	12
1.2.4.4. Engins de pêche:	12
2. Echantillonnage	12
2.1. Prélèvements	12
2.2. Mensurations et pesées	13
2.3. Conservation et traitements au laboratoire	13
2.4. Choix des espèces.....	14
Chapitre II : Biosystématique des Clupeidae.....	15
Introduction.....	16
1. Matériels et méthodes	17
1.2. Traitement d'échantillonnage	17
1.3. Caractères étudiés :	17
1.3.1. Caractères morphologiques et méristiques :	17
1.3.1.1. Caractères morphologiques :	17
1.3.1.2. Caractères méristiques :	18
1.3.2. Caractères morphométriques	19
1.3.3. Morpho-Géométrie	22
1.3.4. Caractères ostéologiques.....	23
1.3.4.1. Squelette céphalique	24
1.3.4.2. Splanchnocrâne ou squelette viscéral	25
2. Résultats et discussion	26
2.1. Caractères morphologiques et méristiques	26
2.1.1. Caractères morphologiques.....	26
2.1.1.1. Nageoires dorsale.....	26
2.1.1.2. Dents	27
2.1.1.3. Tête	28

2.1.1.4. Museau.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.1.5. Flanc.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2. Caractères méristiques	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2.1. Branchiospines	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2.2. Vertèbres	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2.3. Rayons de la nageoire dorsale	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2.4. Rayons de la nageoire anale.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.2.5. Rayons de la nageoire pelvienne	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Analyse morphométrique.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3. Analyse morphogéométrique	Erreur ! Signet non défini.
2.3.2. Selon le sexe	Erreur ! Signet non défini.
2.3.2. Selon la région	Erreur ! Signet non défini.
2.4. Caractères ostéologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
2.4.1. Splanchnocrâne	Erreur ! Signet non défini.
2.4.1.1. Arc mandibulaire	Erreur ! Signet non défini.
2.4.1.2. Pièces operculaires.....	50
2.4.1.3. Arc hyoïdien (Hyomandibulaire).....	Erreur ! Signet non défini.55
2.4.2. Neurocrâne.....	56
2.4.2.1. Voûte.....	Erreur ! Signet non défini.56
2.4.2.2. Plancher	58
Conclusion	60
Chapitre III : Biologie.....	63
A. Age et croissance	64
1. Méthodes d'étude.....	64
1.1. Croissance linéaire	64
1.1.1. Description des otolithes.....	65
1.1.2. Détermination des paramètres de croissance	70

1.2. Croissance relative	70
1.2.1. Relations biométriques	71
1.2.2. Relation taille-poids	71
1.2.3. Croissance pondérale	72
2. Résultats	72
2.1. Croissance linéaire	72
2.1.1. Distribution de tailles	72
2.1.2. Clé âge-longueur	73
2.1.2.1. Otolithométrie (lecture directe)	74
2.1.2.2. Otolithométrie (retro-calcul)	74
2.1.3. Détermination des paramètres de croissance	75
2.2. Croissance relative	77
2.2.1. Relations biométriques	77
2.2.2. Relation taille-poids	77
2.2.3. Croissance pondérale	78
Discussion	79
B. Reproduction	86
1. Méthodes d'étude	87
1.1. Clarification des définitions	87
1.2. Cycle sexuel	88
1.3. Sex-ratio	90
1.4. Test de comparaison des pourcentages des sexes	90
1.5. Taille à la première reproduction	90
1.6. Etude de la fécondité	91
1.6.1. Diamètre ovocytaire	91
1.6.2. Fécondité absolue (individuelle)	92
2. Résultats et discussions	93

2.1. Identification des sexes et stades de maturité sexuelle	93
2.2. Distribution des fréquences de tailles	95
2.4. Taille à la première reproduction	97
2.5. La fécondité	98
2.5.1. Diamètre ovocytaire.....	98
2.5.2. Fécondité absolue (individuelle).....	100
Discussion.....	101
Conclusion.....	104
Chapitre IV : Exploitation	105
Introduction.....	106
1. Méthodes d'étude.....	107
1.1. Détermination des paramètres d'exploitation.....	107
1.1.1. Mortalités	107
1.1.1.1. Mortalité totale (Z).....	107
1.1.1.2. Mortalité naturelle (M)	108
1.1.1.3. Mortalité par pêche (F)	108
1.1.2. Recrutement et sélection	108
1.1.2.1. Taille de recrutement (Lr).....	109
1.1.2.2. Taille de sélection (Lc)	109
1.2. Analyse des populations virtuelles	109
1.3. Modèles prédictifs.....	110
2. Résultats.....	112
2.1. Mortalités et taux d'exploitation.....	112
2.2. Tailles de recrutement et de sélection.....	113
2.3. Analyse des populations virtuelles	115
2.4. Modèles prédictifs.....	115

2.4.1. Le modèle de Beverton-Holt (Production par recrue à partir de données de longueur)	118
2.4.2. Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934)	121
Discussion	124
Conclusion	125
Chapitre V : Ecologie (Modélisation bioénergétique)	126
Introduction	127
1. Méthodes d'étude	127
1.1. Description de la théorie DEB	127
1.2. Estimation des paramètres bioénergétique	129
1.2.1. Données zero-variate	130
1.2.2. Données Uni-variate	131
1.3. Stratégies bioénergétiques des petits pélagiques	133
1.4. Effet de la température sur la croissance	133
1.5. Effet de la disponibilité trophique sur la dynamique des populations	134
1.5.1. Introduction au modèle IBM	134
1.5.2. Entités, variables d'état et échelles	134
1.5.3. Description du modèle	135
1.5.3.1. Aperçu du processus et planification (Overview)	135
1.5.3.1.1. L'assimilation:	135
1.5.3.1.2. Croissance	135
1.5.3.1.3. Maturité	136
1.5.3.1.4. Migration (données aléatoires)	137
1.5.3.1.5. Mortalité	137
1.5.3.2. Conception des concepts (Design concepts)	137
1.5.3.2.1. Principes de base	137
1.5.3.2.2. Émergence	137

1.5.3.2.3. Interaction	138
2. Résultats et discussion	138
2.1. Présentation des données d'entrée	138
2.2. Stratégies bioénergétiques des petits pélagiques	
2.2.1. Taille et forme.....	
2.2.2. Alimentation et assimilation	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3. Entretien.....	145
2.2.4. Fraction d'allocation à la croissance	145
2.3. Effet de la température sur la croissance	146
2.4. Effet de la disponibilité trophique sur la dynamique de populations des petits pélagiques	147
Conclusion.....	149
Conclusion générale	150
Références bibliographiques.....	153

Chapitre I : Données générales et échantillonnage

Figure 1. Zones d'échantillonnage.

Figure 2. SST calculé à partir MODIS produits des données satellitaires sur la région ouest de l'Algérie.

Figure 3. Concentration en chlorophylle a (mg m⁻³) estimée à partir de MODIS produits de données satellitaire sur la région ouest de la côte algérienne.

Tableau .1 : Effectifs des individus récoltés pour chaque espèce

Tableau .2 : Nombre d'otolithes prélevés récoltés pour chaque espèce

Tableau .3 : effectif, gamme de taille, moyen et ecartype des *Clupeidae* récoltés.

Chapitre II : Biosystématique des clupeidae

Figure 4. Face interne du premier arc branchial droit de *Clupeidae*

Figure 5. Caractères biométriques mesurés sur les représentants des *Clupeidae*

Figure 6. Représentation des 14 repères utilisés dans le programme tpsDig2.

Figure 7. Représentation des repères utilisés dans le programme **MorphoJ**.

ملخص

يمكن طرح العديد من الأسئلة المتعلقة بنظائريات تصنيف بعض العائلات السمكية و إعادة التفكير في تحديد الأنواع المشكوك فيها. وذلك لعدم وصفها وصفا كاملا إضافة إلى الخط الفادح في ترادف الأسماء، من قبل معظم الكتاب، وقد لفت نظرنا نوع سمكي مثير للجدل يصعب التعرف على انواعه ألا و هو أسماك Clupeidae، حاولنا الإجابة عن هذه المشكلة برمتها ، بدراسة مورفولوجية وأخرى مورفومترية و جيومورفولوجية كلتاها دعما بدراسة البنية العظمية معتمدين على بيانات تم الحصول عليها من خلال العينات التي تم جمعها بانتظام من شهر جويلية 2014 الى ماي 2016، إذ تم الحصول على عينة من 6823 عينة من المصايد التجارية على الساحل الغربي الجزائري. سمحت الدراسة البيولوجية بوصف النمو و التكاثر لدى هاته الأسماك إذ تسنى عن طريق دراسة otoliths و gonads تقدير المعلمات حول نموذج النمو، علاقة الطول والطول، الطول عند النضج الأول ، الطول عند انتقائية 50 % ، وما إلى ذلك.

تعد هذه الأسماك الصغيرة واحدة من الأنواع الرئيسية المستهدفة لمصايد الأسماك التجارية على طول السواحل الجزائرية. لفهم الانخفاض الملحوظ في المصيد، قمنا بدراسة حالة الاستغلال ومحاكاة تأثير تغيير جهد الصيد على مجموعات الأسماك الصغيرة. أظهر نموذج بيفيرتون-هولت ونموذج تومسون بيل مستوى استغلال كل نوع.

نحن ننادي لخفض مستوى الاستغلال الحالي للسماح بالتجديد السنوي للمخزون القابل للاستغلال، في المنطقة الغربية من الجزائر الساحل، وللحصول على احسن انتاج على المدى الطويل. تم أيضا استخدام نموذج DEB القياسي لمقارنة حساسية الأنواع البحرية الصغيرة مع التقلبات البيئية ودراسة ومقارنة استراتيجيتها الفيزيولوجية المتبعة في مواجهة التغيرات البيئية.

الكلمات المفتاحية: أسماك سطح البحر الصغيرة، علم التصنيف، دراسة بيولوجية (النمو، التكاثر)، التقويم المنهجي، النمذجة الحيوية، غرب الجزائر

Abstract

Our study aims at performing a taxonomic revision of the fish with the reevaluation of the validity of doubtful species; which were investigated through morphological and morphometric characters. These methods were reinforced by a diagnosis of some cephalic bones.

The degree of morphological differentiation was congruent with the morphometric and osteological differentiation. The data analysis revealed divergence between the species of this family. High morphological divergence was observed within species: *S. pilchardus* and *S. aurita*. The morphometric and geomorphometric studies confirm these results. A comparison of bone's configuration, between and within species, was achieved and confirms the studies conducted previously

The small pelagic is one of the main target species of the commercial fishery along the Algerian coasts. To better understand the observed decline in catches we studied the state of exploitation and simulated the effect of changing fishing effort on populations of small pelagic. The Beverton-Holt yield-per-recruit model and the Thompson-Bell model showed the exploitation level of each species. In order to estimate the required model parameters, a sample of 6823 specimens was obtained from commercial catches on the western Algerian coast. Analysis of otoliths and gonads allowed the estimation of age-length model parameters, length-weight relationship, length at first maturity, length at 50% selectivity, etc. We make a plea for reducing the current level of exploitation to allow for the annual renewal of the exploitable stock of sardine in the western region of the Algerian coast, and for a maximum sustainable yield on the long-term.

The DEB standard model was used to compare the sensitivity of small pelagic species to environmental fluctuations and to study and compare their physiological strategy with environmental changes.

Keywords: small pelagic; biosystematic; growth; reproduction; stock assessment; Bioenergetic modelisation; west of Algeria.

Résumé

Une des familles présentant des complexités taxonomiques et n'ayant pas fait l'objet d'importantes recherches en Algérie est celle des Clupeidae, Tant par leur morphologie que par leur anatomie, ils sont extrêmement variés :

De nombreuses incertitudes persistent dans leur classification, en particulier *S. aurita* et *S. pilchardus*. L'objectif principal est de contribuer à la systématique de la famille et à l'identification précise des espèces de ce genre ciblées par la pêche. L'examen de notes et traités faunistiques montre une hétérogénéité au niveau des inventaires réalisés sur les peuplements de clupeidae dans la Méditerranée et mène à une synonymie extrêmement confuse.

Des analyses morphologiques, morphométriques, geomorphométrique et ostéologiques ont été réalisées. Des données ont été récoltées au cours de sorties régulières de juillet 2014 à Mai 2016 dans les différents ports de pêche et points de vente de la région Ouest d'Algérie. Un échantillon de 6823 spécimens a été obtenu à partir de captures commerciales.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à partir des données biométriques. Le squelette céphalique (neurocrâne et splanchnocrâne) a été pris en considération. Les différentes méthodes utilisées ont permis des comparaisons interspécifiques et intraspécifiques. L'ACP sépare nettement les genres et espèces de rascasses, et met bien en évidence les différences au sein des représentants de *S. aurita*, et *S. pilchardus*. Cette discontinuité est confirmée par la morphologie, la géomorphologie et par l'ostéologie.

L'étude des otolithes et des gonades a permis d'estimer les paramètres biologiques des quatre espèces (croissance et reproduction) : la relation longueur-poids, la longueur à la première maturité, la fécondité, la longueur à 50% de sélectivité, etc.

Les petits pélagiques sont parmi les principales espèces cibles de la pêche commerciale de la région algérienne ouest. Pour mieux comprendre le déclin observé des captures, nous avons étudié l'état d'exploitation et simulé l'effet de la modification de l'effort de pêche sur les populations de petits pélagiques. Le modèle de rendement par recrue de Beverton-Holt et le modèle de Thompson-Bell ont montré le niveau d'exploitation de chaque espèce.

Nous plaidons en faveur d'une réduction du niveau d'exploitation actuel pour permettre le renouvellement annuel du stock de sardine exploitable dans la région occidentale de l'Algérie, et pour un rendement maximum durable à long terme.

Le modèle standard DEB a été utilisé pour comparer la sensibilité des petits pélagiques aux fluctuations de l'environnement et étudier ainsi que comparer leur stratégie physiologique adoptée face aux changements environnementaux.

Mots clef: Petits pélagique; biosystematic; growth; reproduction; exploitation; modélisation bioenergetique; west of Algeria.

Introduction générale

C'est parce qu'on imagine simultanément tous les pas qu'on devra faire qu'on se décourage, alors qu'il s'agit de les aligner un à un.

Jouhandeau (Marcel)

Introduction générale

Pourvue d'une façade maritime de plus de 1200 km, l'Algérie a une vocation maritime certaine. La pêche professionnelle présente une activité non négligeable, dont l'essentiel de la production est réalisé par les chalutiers et les senneurs. Les espèces de petits pélagiques sont certainement les plus représentatives de l'ichthyofaune algérienne; elle représente un fort pourcentage des apports de la pêche (80%) (Zeghdoudi, 2006).

La raison principale qui a déterminé l'orientation de nos recherches vers l'étude des petits pélagiques est son grand intérêt tant sur le plan écologique qu'économique.

Dans les eaux algériennes cohabitent plusieurs espèces de petits pélagiques. Celles qui présentent un intérêt commercial sont la sardine *Sardina pilchardus*, l'allache ou sardinelle ronde *Sardinella aurita*, la bogue *Boops boops*, la saourel *Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus*, le maquereau *Scomber scombrus*, *Scomber japonicus* et l'anchois *Engraulis encrasicolus*.

Le groupe des petits pélagiques est constitué par l'ensemble des poissons de petite taille qui passent la plus grande partie sinon la quasi-totalité de leur phase adulte en surface ou en pleine eau. Ces espèces sont totalement libres à l'égard du fond et sont indépendantes de la nature du substrat (Laloë et Samba, 1990 ; Collignon, 1991).

Les pêcheries algériennes sont des pêcheries mixte; à savoir, plusieurs flottilles exploitent en concurrence la même ressource et une flottille exploite plusieurs ressources ; les petits pélagiques font l'objective d'une telle pêcherie ce qui rend difficile sa gestion.

Pour assurer une exploitation rationnelle de ces richesses nationales, on s'est intéressé à la détermination des principaux paramètres biologiques de ces espèces ainsi qu'à l'évaluation de la biomasse exploitable.

L'analyse de la dynamique des petits pélagiques nécessite donc des programmes de recherche à long terme et pluridisciplinaires combinant éco-biologie, halieutique et hydrologie (Gaamour, 1999). Ça n'a pas été le cas en Algérie, les études antérieures des petits pélagiques se sont intéressées uniquement à la détermination de quelques paramètres biologiques et la description de l'exploitation à titre d'exemple les travaux de Korichi (1988) , Zeghdoudi (2006), Bouaziz (2007), Benamar (2011); Tahari (2012), Guerram (2012) et Kherraz (2012).

Pour assurer une exploitation durable et rentable des petits pélagiques, qualifiés de ressources instables, il serait nécessaire d'élaborer un programme de recherche pluridisciplinaire.

L'objectif de cette étude est d'aborder non seulement les aspects sur la systématique, la biologie des espèces de petits pélagiques mais aussi de simuler les stratégies de gestion alternatives des petits pélagiques dans la région Ouest : la dynamique de ces poissons sera définie et l'évaluation de la ressource sera établie.

À la question de savoir le pourquoi du comment de la rareté des produits de la mer, il faudrait comprendre les causes des fluctuations des stocks de poissons ainsi de cerner le facteur encadrant l'activité de la pêche à savoir l'environnement; ce qui nous pousse à la modélisation bioénergétiques.

L'étude systématique des clupeidae est essentiellement phénétique et ostéologique. Une synthèse d'ouvrages de base, de faunes ichthyologiques relatives à la Méditerranée, parfois à d'autres secteurs maritimes, a permis une étude morphologique des différentes espèces rencontrées. Les techniques d'analyse multidimensionnelle et de l'ostéologie ont contribué à une exploration fine qui apporte des éléments de réponse à la problématique de certains clupeidae.

Des recherches et observations sur la reproduction ont été menées dans le bassin algérien et en Méditerranée. Ces recherches reposent sur trois parties : sex-ratio, sexualité (essentiellement la détermination de la taille de première maturité, cycle de reproduction) et fécondité.

L'étude de l'âge et de la croissance de quatre populations de petits pélagiques vont permettre d'obtenir leurs paramètres de croissance et leurs paramètres d'exploitation. Le modèle rétrospectif de Jones (1983) et ceux prédictif de Thompson et Bell (1934) et du rendement relatif par recrue (Y'/R) vont permettre d'apprécier l'état des stocks.

L'étude écologique via la modélisation bioénergétique qui permet d'étudier la sensibilité des espèces cibles aux fluctuations de l'environnement et de comprendre et comparer les stratégies physiologiques adoptées face aux changements environnementaux.

Données générales et échantillonnage

Aller à l'idéal, mais comprendre le réel

Jean Jaurès

Chapitre I : Données générales et échantillonnage

1. Données générales

1.1. Zone d'étude

1.1.1. Description générale

La côte Algérienne s'étend sur 1200 km de Marsat Ben-Mhidi ($35^{\circ} 11' 38''$ N $1^{\circ} 51' 37''$ W) jusqu'à El-Kala ($36^{\circ} 53' 44''$ N $8^{\circ} 26' 36''$ E). Selon Hemida (2005), cette côte peut être divisée en trois grands secteurs: l'Est regroupe Béjaia, Jijel, Skikda et Annaba; le Centre de Tenes à Dellys englobe les zones de pêche de Zemmouri, Alger, Bouharoun et Cherchell. Quant à Mostaganem, Arzew, Oran, Beni-Saf et Ghazaouet appartiennent au secteur Ouest.

Notre étude a été basée sur le secteur Ouest (Figure I.1).

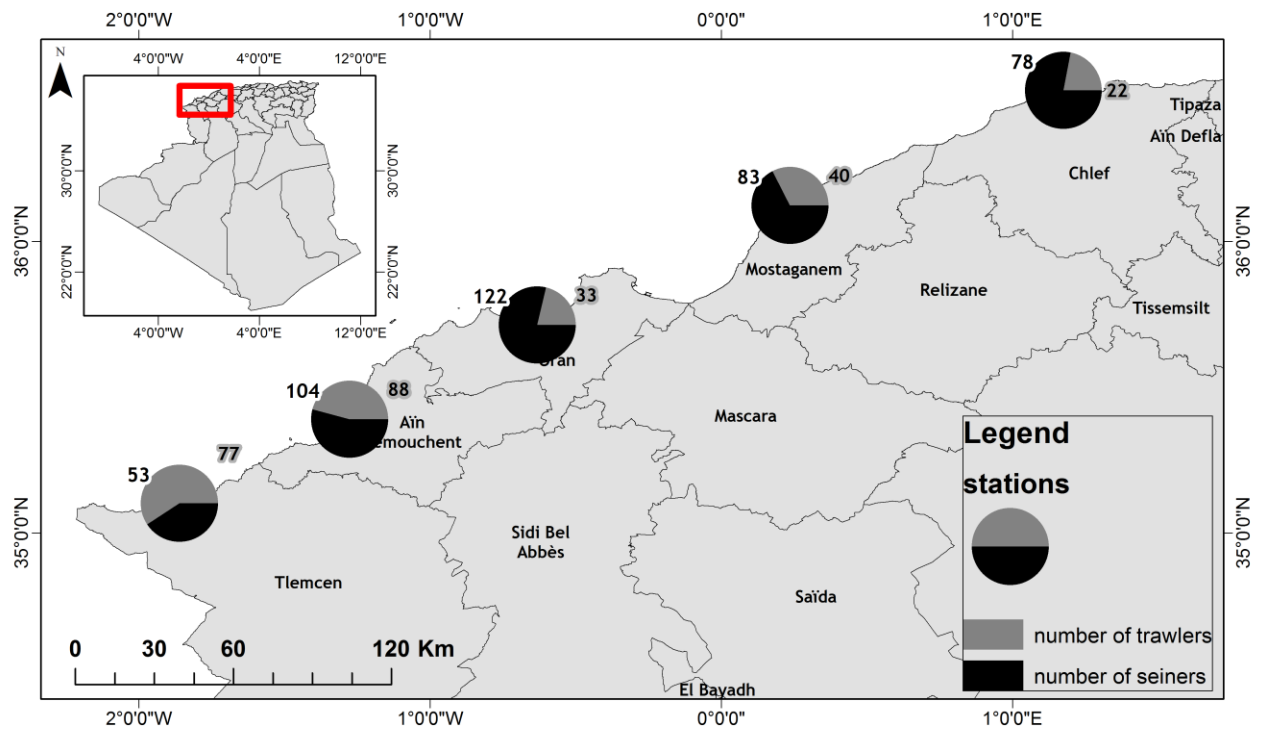


Figure I.1. Zone d'étude.

Leclair (1972) a remarqué une variabilité dans la longueur de la bordure côtière sous-marine de l'ouest algérien car elle est de 10km au large le cap-Falcon et le plateau continental ouest-algérien est considéré comme le plus étroit de la Méditerranée (largeur moyenne de 7Km).

La zone s'étendant jusqu'à 5 à 6 milles est caractérisée par la présence de sable plus ou moins pur parsemé de roche, et suivie par une autre zone à caractère vaseux (molle et

grisâtre) sur une largeur de 2 à 3 milles. Un mélange de sable coquille grossier et de vase suit cette dernière zone (leclair 1972 *in* Bekada ,2014).

Les dépôts de sable, de graviers et de coquilles tapissent la bande côtière qui s'étend jusqu'à 20 ou 30m. Cette nature sableuse est retrouvée à 100m au large et s'étend jusqu'à l'est envahissant ainsi la baie d'Oran (Attou et Mouabdallah, *in* Bakada 2014)

Les fonds marins de l'ouest algérien sont de caractère argilo-silicieux du cap Noé jusqu'aux îles Habibas. Maurin (1962) a qualifié ces formations volcaniques de « chandeliers » vu que ces derniers sont peuplés par des touffes de coraux à *Dedrophyllum* à une profondeur de 200 à 300 m de Ghazaouet et Rachagoun.

1.1.2. Conditions environnementales

Des informations instantanées de deux variables via le capteur MODIS du satellite NASA (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a permis d'avoir une vue synoptique simultanée de SST et de la concentration en chlorophylle -a- (CSC) ce qui pourrait aider à décrire et à interpréter les principaux processus spatio-temporelles qui se produisent dans cette zone côtière très dynamique.

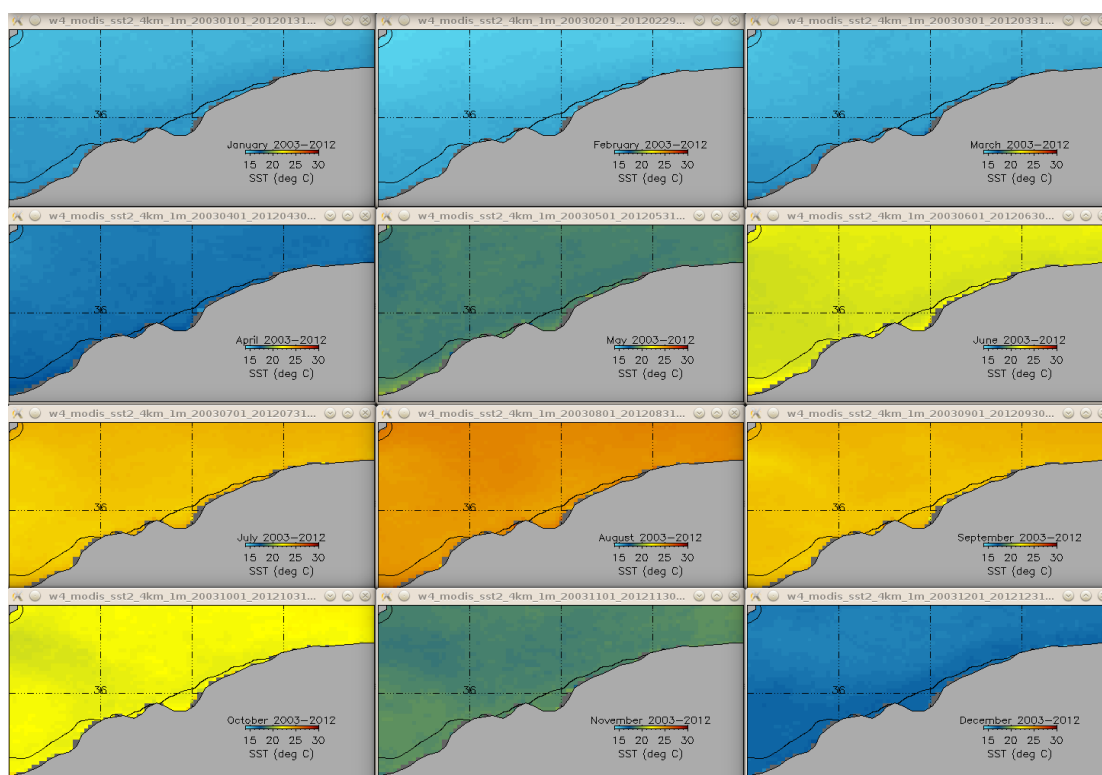


Figure I.2. SST calculé à partir MODIS produits des données satellitaires sur la région ouest de l'Algérie.

La température de la surface de mer estimée à partir de MODIS produits de données satellitaire sur la région ouest de la côte algérienne (Fig.I.2) montre que la température oscille entre environ 15°C et 20°C tandis que la concentration mensuelle moyenne en chlorophylle a (mg m⁻³) ((Fig.I.3) dénote une grande variabilité, les concentrations élevées sont enregistrées en avril et le mois de décembre.

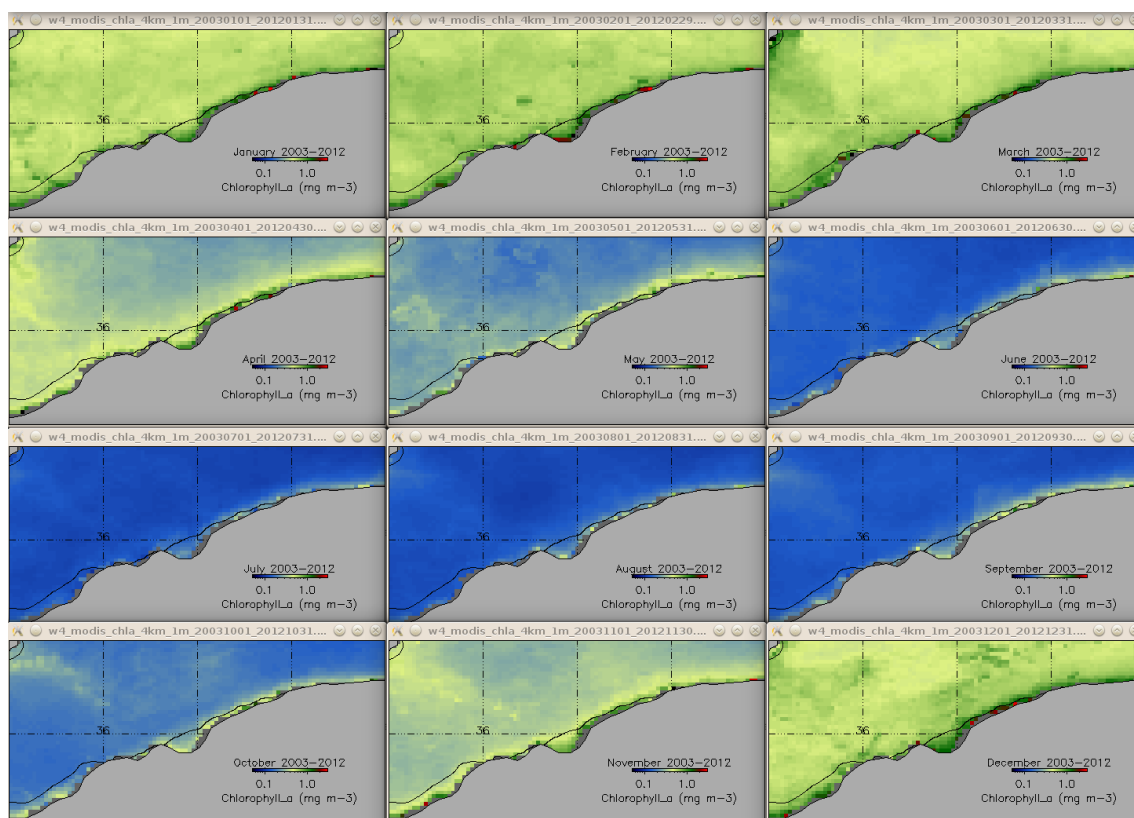


Figure I.3. Concentration en chlorophylle a (mg m⁻³) estimée à partir de MODIS produits de données satellitaire sur la région ouest de la côte algérienne.

1.2. Présentation des espèces étudiées

On qualifie de « pélagiques » les poissons vivant dans la zone entre la surface et le fond des océans (appelée « zone pélagique » ou « colonne d'eau »), excluant ainsi les côtes et les fonds marins (zone démersale). Les poissons pélagiques, également appelés « poissons bleus », regroupent plusieurs centaines d'espèces, ayant des caractéristiques communes : une coloration bleue sombre sur le dos et argentée sur le ventre sensée les protéger des prédateurs, une forme allongée et un mode de vie souvent grégaire (en « bancs »).

Le groupe des petits pélagiques est constitué par l'ensemble des poissons de petite taille qui passent la plus grande partie sinon la quasi-totalité de leur phase adulte en surface ou en pleine eau. Ces espèces sont totalement libres à l'égard du fond et sont indépendantes de la nature du substrat (Laloë et Samba, 1990 ; Collignon, 1991).

Dans les eaux algériennes cohabitent plusieurs espèces de petits pélagiques. Celles qui présentent un intérêt commercial sont la sardine *Sardina pilchardus*, l'allache ou sardinelle ronde *Sardinella aurita*, la bogue *Boops boops*, la saourel *trachurus trachurus*,

1.2.1. *Boops boops*

1.2.1.1. Position systématique

Les classifications traditionnelles (linnéennes et darwiniennes) tendent à être remplacées par la systématique phylogénétique. La classification phylogénétique des (Jurd, 2000, Lecointre, Le Guyader, 2001 et Boxshall *et al*, 2013) a été retenue pour le présent travail.

Règne : Eukaryota

Sous-Règne : Metazoa

Phylum : Chordata

Sous-Phylum : Craniata

Embranchement : Vertebrata

Super-Classe : Gnathostoma

Classe: Ostéichthyens

Sous classe: Téléostéens

Super ordre: Acanthoptérygiens

Ordre: Perciformes

Sous- ordre: Percoïdes

Famille: Sparidés

Genre: Boops Cuvier, 1814

Espèce : *Boops boops* (Linnaeus, 1758)



Figure I.4. *Boops boops* (Linnaeus, 1758)

Il convient de remarquer que le terme Poissons, un non-groupe qui n'a plus de signification biologique a disparu dans cette nouvelle classification.

1.2.1.2. Description

Selon Bauchot et Pras (1980) l'espèce est caractérisée par un corps fusiforme, peu élevé et très peu comprimé dans sa partie antérieure à section subcylindrique. Oeil de grande taille, son diamètre plus grand que la longueur du museau; écaillure dorsale dépassant légèrement le niveau du bord postérieur de l'oeil; bouche petite, oblique; lèvres très minces; toutes les dents incisiformes, en une seule rangée aux deux mâchoires; dents

supérieures à 4 pointes, dents inférieures à 5 pointes; 16 à 20 branchiospines inférieures, 7 ou 8 supérieures.

Nageoire dorsale à 13-15 épines et 12-16 rayons mous; anale à 3 épines et 14-16 rayons mous; pectorales courtes n'atteignant pas l'anus; caudale fourchue. Ecailles de la ligne latérale: 69 - 80. ; dos bleuâtre ou verdâtre, flancs à reflets argentés ou dorés, marqués de 3 à 5 lignes longitudinales dorées; petite tache brune limitée à l'aisselle des pectorales; ligne latérale foncée; nageoires claires.

Taille : Maximum: 36 cm; commune de 10 à 25 cm (30 cm en mer Noire) (Fischer *et al* 1987).

1.2.1.3. Habitat et biologie:

Espèce démersale à épipélagique au-dessus du plateau continental sur tous les fonds (sable, vase, roches, herbiers) jusqu'à 350 m. Se déplace en groupes, peut remonter en surface, surtout la nuit. Reproduction en février-avril en Méditerranée orientale, avril-mai en Méditerranée occidentale et en été en mer Noire. Hermaphrodite, généralement protogynique; maturité à 1 an (environ 13 cm) en Méditerranée occidentale. Omnivore, les jeunes surtout carnivores, les adultes surtout herbivores (Fischer *et al* 1987).

1.2.1.4. Engins de pêche:

Sennes de plage coulissantes, filets lamparos et filets maillants de fond et pélagiques, chaluts de fond et pélagiques, palangres de fond et dérivantes, pièges et lignes à main. Régulièrement présent sur les marchés, est commercialisé frais ou mariné et est utilisé comme appât (Fischer *et al* 1987)..

1.2.2. *Sardina pilchardus*

1.2.2.1. Position systématique

Règne : Eukaryota

Sous-Règne: Metazoa

Phylum : Chordata

Sous-Phylum : Craniata

Super-Classe : Gnathostoma

Classe : Osteichthyes

Ordre: Clupeiforme

Genre: *Sardina*

Espèce : *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)



Figure I.5. *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

1.2.2.2. Description

Corps élancé, de section ovale; une série de scutelles sur le profil ventral, mais ne formant pas de carène très aiguë. Mâchoires subégales; partie inférieure de l'opercule avec 3-5 stries rayonnantes très marquées; bord postérieur de la fente operculaire sans excroissances charnues; 44-106 (44-68 en Méditerranée) branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial. Origine de la nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps; anale très en arrière de la dorsale, les 2 derniers rayons nettement plus longs que les autres; pelviennes à 8 rayons, insérés sous la base de la dorsale. Coloration : dos vert ou olive; flancs dorés devenant blanc argenté sur le ventre; une série de taches sombres sur le haut des flancs, avec parfois une deuxième ou même une troisième rangée au-dessous (Fischer *et al* 1987)..

On reconnaît souvent deux sous-espèces (et même plusieurs populations locales): *S. p. pilchardus*, Atlantique, de Gibraltar à Bergen; *S. p. sardina*, Méditerranée et mer Noire, Atlantique, de Gibraltar à la Mauritanie.

Il convient de souligner que la sardine d'Europe ne peut théoriquement être confondue qu'avec les jeunes aloses, *Alosa* spp. (ce qui nous laisse à développer l'étude systématique sur le groupe des clupeidae).

Taille : Maximum: 25 cm; commune de 15 à 20 cm.

1.2.2.3. Habitat et biologie

Poisson pélagique côtier, jusqu'à 180 m de profondeur, surtout à 25-55 m le jour, 15-35 m la nuit. Vit en bancs parfois très importants et effectue de grandes migrations. Reproduction de septembre à juin en Méditerranée, de juin à août en mer Noire. Oeufs pélagiques. Maturité sexuelle à un an (10-20 cm). Fécondité 5 300 à 38 500 oeufs.

Se nourrit essentiellement de crustacés planctoniques et autres animaux planctoniques plus grands (Fischer *et al* 1987).

1.2.2.4. Engins de pêche

Sennes coulissantes et de plage, filets lamparos, chaluts de fond et pélagiques, filets maillants, pélagiques et barrages. Régulièrement présente sur les marchés, est commercialisée fraîche, réfrigérée, salée, fumée, marinée, en conserves et sous forme d'huile ou de farine de poisson; est aussi utilisée comme appât.

1.2.3. *Sardinella aurita*

1.2.3.1. Position systématique

Règne : Eukaryota

Sous-Règne: Metazoa

Phylum : Chordata

Sous-Phylum : Craniata

Embranchement : Vertebrata

Super-Classe : Gnathostoma

Classe : Osteichthyes

Ordre: Clupeiforme

Genre: *Sardinella*

Espèce : *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847



Figure I.6. *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847

1.2.3.2. Description

Corps allongé, généralement de section subcylindrique, parfois plus comprimé; ventre arrondi, mais avec un alignement de scutelles formant une carène faible sur le profil ventral. Opercule lisse; bord postérieur de la fente operculaire avec 2 excroissances charnues; oeil moyen; sommet du crâne avec de nombreuses stries (7-14) sur les frontopariétaux; bouche terminale; mâchoire supérieure arrondie, sans échancrure médiane; second supramaxillaire à bords supérieur et inférieur subégaux; branchiospines fines et nombreuses, plus de 80 sur la partie inférieure du premier arc branchial. Origine de la nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps; anale insérée bien en arrière de la base de la dorsale, ses 2 derniers rayons prolongés, nettement plus longs que ceux qui les précèdent; pelviennes insérées sous la dorsale et à 9 rayons, dos bleu-vert, flancs argentés, avec à mi-hauteur une ligne dorée pâle précédée d'une tache dorée en arrière de l'opercule; une tache noire distincte sur le bord postérieur de l'opercule (absence de pigment argenté sous-jacent); dorsale jaune plus ou moins foncé, ombrée sur le bord distal, à rayons antérieurs noirs, mais pas de tache noire à l'origine de la dorsale; pectorales jaune pâle moucheté de brun; caudale jaune très clair près de la base, le reste sombre avec les pointes très foncées ou noires.

Maximum: 33 cm; commune de 15 à 25cm (Fischer *et al* 1987).

1.2.3.3. Habitat et biologie

Espèce pélagique côtière, rencontrée près de la surface des eaux littorales jusqu'à 35 m de profondeur au-delà du plateau continental. Grégaire, se déplace en bancs qui effectuent des migrations saisonnières liées à la température de l'eau et à la richesse en

plancton. Remonte en surface pendant la nuit. Se reproduit pendant toute l'année dans les eaux superficielles mais surtout de mi-juin à fin septembre en Méditerranée; ne se reproduit pas en mer Noire. Première maturité à 14 cm. Se nourrit essentiellement de zooplancton (surtout de copépodes), de larves et alevins de poissons mais aussi de phytoplancton (Fischer *et al* 1987).

1.2.3.4. Engins de pêche

Sennes coulissantes et de plage, filets lamparos et filets maillants de fond, chaluts de fond et pélagiques, barrages. Régulièrement présente sur les marchés en Espagne, au Maroc et en Tunisie, occasionnellement à rarement ailleurs; est commercialisée fraîche, congelée, salée, en conserves, ou sous forme d'huile ou de farine de poisson; est également très utilisée comme appât pour la pêche aux palangres (Fischer *et al* 1987).

1.2.4. *Trachurus trachurus*

1.2.4.1. Position systématique

Règne : Eukaryota

Sous-Règne: Metazoa

Phylum : Chordata

Sous-Phylum : Craniata

Embranchement : Vertebrata

Super-Classe : Gnathostoma

Classe : Osteichthyes

Ordre: Perciformes

Sous- ordre: Percoides

Famille : Carangidae

Genre: *Trachurus* Rafinesque, 1810

Espèce : *trachurus* Linnaeus, 1758



Figure I.7. *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847

1.2.4.2. Description

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'oeil; dents petites, en une seule rangée aux deux mâchoires; branchiospines (rudiments compris) 15-18 supérieures, 41-48 inférieures sur le premier arc branchial. Deux nageoires dorsales, la première à 8 épines, la seconde à une épine et 29-33 rayons mous; anale à 2 épines séparées du reste de la nageoire, suivies d'une épine et 24-29 rayons mous; rayon terminal de la dorsale et de l'anale relié par une membrane au reste de la nageoire, mais séparé de l'avant dernier rayon par une distance égale au plus à 1,5 fois

celle qui sépare les précédents; écailles modérément petites et cycloïdes (lisses au toucher) sur tout le corps sauf une petite surface en arrière des pectorales; écailles de la partie antérieure de la ligne latérale agrandies et semblables aux scutelles de la partie postérieure, leur hauteur maximum égale à 6,3-8,2% de la longueur standard; écailles et scutelles totales de la ligne latérale 66-75 dont 31-36 scutelles sur la partie rectiligne; ligne latérale accessoire se terminant sous les 19^{ème} à 31^{ème} rayons mous de la dorsale. Vertèbres 10 - 14. pas de marques distinctives sauf une petite tache noire sur le bord de l'opercule près de son angle supérieur. Partie supérieure du corps et de la tête sombre à presque noire ou grise à vert bleuâtre; les deux tiers inférieurs du corps et de la tête généralement plus pâles, blanchâtres à argentés (Fischer *et al* 1987).

Taille : Maximum: environ 60 cm de longueur à la fourche; commune de 15 à 30 cm de longueur à la fourche.

1.2.4.3. Habitat et biologie

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. Reproduction de janvier à avril; première maturité sexuelle à 20 cm de longueur totale.

Juveniles et adultes se nourrissent d'une grande variété de poissons, également de crustacés et de calmars (Fischer *et al* 1987).

1.2.4.4. Engins de pêche

sennes coulissantes et de plage, filets lamparos, chaluts de fond et pélagiques, filets maillants et palangres de fond, barrages et lignes à main. Régulièrement présent sur les marchés sauf en mer Noire, est commercialisé frais, réfrigéré, salé; est aussi utilisé comme appât (Fischer *et al* 1987).

2. Echantillonnage

L'échantillonnage que nous avons effectué a été possible grâce aux prises mises à terre par la flottille de pêche commerciale.

2.1. Prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés par mois, à partir de juillet 2014 et ils seront étalés jusqu'à mai 2016. Les spécimens échantillonnés proviennent de toutes les régions du secteur ouest.

6823 individus appartenant à quatre espèces de petits pélagiques ont été mesurés en grande partie au niveau de la zone visitée ou au laboratoire à l'état frais ou congelé. Une détermination poussée de chaque espèce (caractères morphologiques) s'est avérée nécessaire avant chaque manipulation. Le traitement des individus consistait à prendre des mensurations (caractères biométriques) sur les différentes parties du corps des poissons, destiné à l'étude morphométrique et à extraire les otolithes qui ont servi de base à l'étude sclérochronologique (Fischer *et al* 1987).

Durant toute cette période, la collecte de données et d'individus est effectuée au moment de la vente des captures entre 5 et 7 heures du matin à la poissonnerie d'Alger, au niveau de la poissonnerie de Tiaret, la vente du poisson se déroule toute la matinée.

Il convient de souligner que deux autres espèces accessoires appartenant à la famille des clupeidae ont été prélevés pour la partie systématique.

2.2. Mensurations et pesées

Des mensurations sont effectuées sur 6823 individus appartenant à quatre espèces (tableau 1) à l'aide d'un ichthyomètre et d'un pied à coulisse, le poids total du poisson est relevé, celui du poisson éviscéré est déterminés après incision de la paroi de la cavité abdominale, l'ouverture se fait de l'anus jusqu'au niveau des nageoires pelviennes à proximité du museau.

Tableau I.1. Effectifs des individus récoltés pour chaque espèce

<i>Trachurus trachurus</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Sardinella aurita</i>	<i>Total</i>
1235	2095	2502	991	6823

2.3. Conservation et traitements au laboratoire

Les poissons sont traités à l'état frais pour les mensurations morphométriques, sinon congelés (à -18°C) pour prélever les otolithes ultérieurement.

Pour l'estimation de la taille à la maturité sexuelle, les individus sont ouverts ventralement et après détermination du sexe les gonades sont conservées pour l'étude de la fécondité.

Enfin, dans le domaine de la croissance, une incision le long de la tête des poissons a permis de retirer la pièce principale des otolithes. Les "sagitta" droite et gauche sont extraites par section du neurocrâne et des capsules otiques. Ces pièces osseuses sont lavées et nettoyées à l'eau puis conservées par paires, à sec, dans des micro-tubes portant les diverses informations de chaque individu.

Tableau I.2. Nombre d'otolithes prélevés récoltés pour chaque espèce

<i>Sardinella aurita</i>	<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Trachurus trachurus</i>	Total
347	470	409	556	1782

2.4. Choix des espèces

Le matériel a été regroupé en fonction du sujet de l'étude :

Biosystématique

La famille des clupeidae a retenu particulièrement notre attention pour plusieurs raisons entre autres : la variation intraspécifique, la difficulté de la reconnaissance des espèces appartenant à cette famille à cause de la forte similitude notamment entre la sardine et les jeunes aloses ainsi que le fait que chaque espèce a été décrite par la plus part des professionnels sous des noms différents. Ce qui nous amène à penser à la possibilité de reconnaître la frontière d'un concept typologique de l'espèce selon lequel, il est possible à partir d'un individu choisi comme type de définir un type standard de l'espèce.

C'est à toute la problématique citée précédemment, que nous allons essayer de répondre par les volets suivants :

- une étude morphologique ;
- une étude morphométrique et géomorphométrique faisant appel à une méthode d'analyse multivariée (entre autres l'Analyse Factorielle en Composantes Principales ou ACP) ;
- une étude ostéologique basée essentiellement sur les pièces squelettiques céphaliques.

Biologie, exploitation et écologie

Deux représentants de la famille des clupeidae (*Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*) une espèce de la famille des carrangidae (*Trachurus trachurus*) et une de la famille des sparidae (*Boops boops*) ont un intérêt commercial certain ; ils sont donc ciblés par la pêche et présents dans les pêcheries en quantités relativement grandes.

Bio-systématique

Déjà la science est très encombrée de doubles emplois et si c'est un défaut de trop réduire le nombre d'espèces, c'en est un plus grand encore de les trop multiplier

Payraudeau

Chapitre II : Biosystématique des Clupeidae

Introduction

Les Clupeidae sont des poissons de taille petite ou moyenne, à corps généralement fusiforme et subcylindrique, mais parfois très comprimé latéralement; une rangée de scutelles est présente sur le profil ventral (Fischer *et al* 1987).

La famille des Clupeidae, connue surtout par ses formes marines (sardines, harengs et anchois), comprend plusieurs genres et espèces qui se sont adaptés aux eaux douces et saumâtres et d'autres qui pénètrent dans les lagunes.

Les Clupeidae sont caractérisés par une connexion apophysaire entre la vessie natatoire et l'oreille interne qui augmente considérablement la perception auditive. La plupart des Clupeidae possèdent un ou plusieurs écussons ventraux ou pelviens qui permettent une identification rapide de la famille (Leveque *et al.*, 1989).

Gourene (1988) a effectué une révision systématique des Clupeidae d'eaux douces de l'Ouest et du Centre africain. Six genres ont été retenus dans la zone considérée : quatre en eau douce et deux en eau saumâtre (Teugels *et al.*, 1988 ; Leveque *et al.*, 1989).

Des nombreuses espèces de Clupeidae, en particulier celles des eaux tropicales et subtropicales où la diversité est la plus élevée, sont difficile à identifier, car en effet, leur identification nécessite une observation microscopique (pour le nombre de branchiospine, forme du second supra-maxillaire, etc.) et la taxonomie de certains genres n'est pas suffisamment bien comprise (par exemple, les genres de Clupeidae *Sardinella* et *Herklotsichthys*, *Anchoviella*) (Fischer *et al* 1987).

Cette famille a retenu particulièrement notre attention pour plusieurs raisons entre autres : son importance économique, la difficulté de la reconnaissance des espèces appartenant à cette famille à cause de la forte ressemblance ainsi que le fait que chaque espèce a été décrite par la plus part des professionnels sous des noms différents. Ceci nous amène à penser à la possibilité de reconnaître la frontière d'un concept typologique de l'espèce selon lequel, il est possible à partir d'un individu choisi comme type de définir un type standard de l'espèce.

C'est à toute la problématique citée précédemment, que nous allons essayer de répondre par les volets suivants :

- une étude morphologique ;
- une étude morphométrique faisant appel à une méthode d'analyse multivariée (l'Analyse Factorielle en Composantes Principales ou ACP) ;
- une étude morphogéométrique ;

- une étude ostéologique basée essentiellement sur les pièces squelettiques céphaliques.

Il va de soi que l'étude ostéologique permettra de donner, à notre avis, des réponses décisives allant dans le sens de l'étude morphologique de la tête puisque les pièces squelettiques s'interpénètrent les unes aux autres constituant ainsi une articulation ; autrement dit, la question principale à résoudre est de savoir quel critère de détermination choisir sur le plan de la morphologie de la tête ou quels sont le ou les éléments osseux qui permettent une identification interspécifique aisée.

Une comparaison interspécifique des espèces de *Clupeidae* en Algérie fera donc l'objet de notre étude permettant peut être ainsi de répondre à toute la problématique posée dans la bibliographie et à partir d'observations faites dans un cadre extérieur à cette étude. Enfin, pour les espèces présentant une certaine variabilité sur le plan morphologique, une comparaison intraspécifique sera entreprise tout en insistant sur les éléments majeurs permettant d'aboutir à la mise en évidence de cette discontinuité morphologique qui n'est autre que les prémices d'une identification à un niveau taxonomique inférieur à l'espèce.

1. Matériels et méthodes

1.1. Echantillonnage

Cinq cents vingt individus appartenant à 4 espèces de *Clupeidae* ont été récoltés au niveau de la pêcherie de Tiaret (les débarquements proviennent d'Oran, Ain témochante, Tlemcen, Mostaganem) à raison d'une seule sortie par semaine de décembre 2015 à mai 2016

1.2. Traitement d'échantillonnage

Une détermination poussée des espèces *Clupeidae* (les caractères morphologiques), s'est avérée nécessaire avant chaque manipulation. Le traitement des individus consistait à prendre des mensurations (caractères biométrique) sur les différentes parties du corps du poisson, pour servir à l'étude morphométrique et à extraire les différentes pièces squelettiques qui ont servi de base à l'étude ostéologique.

1.3. Caractères étudiés :

1.3.1. Caractères morphologiques et méristiques :

1.3.1.1. Caractères morphologiques :

Les caractères principaux qui ont été considérés comme principales bases de description des *Clupeidae* sont :

- Présence d'un ou de plusieurs écussons ventraux ou pelviens.
- Une seule nageoire dorsale un peu en avant du milieu du corps, nageoire pelvienne en position abdominale, nageoire anal, nageoire caudale. et la présence ou absence des taches sur la nageoire dorsale
- Mâchoires supérieures avec ou sans échancrure
- Opercule qui présente des différences très marquées d'une espèce à l'autre;

1.3.1.2. Caractères méristiques :

Tous les critères de différenciation de races au sein d'une espèce définissent la notion de caractères méristiques. De nombreux auteurs ont constaté des variations de la moyenne vertébrale, des rayons des nageoires ou des branchiospines au sein de populations indépendantes (Hemida, *in* Brahim 2009). Ces derniers caractères ont fait l'objet de cette étude. Pour cela, une vingtaine d'individus ont été traitée pour *Sardinella aurita* et *S. pilchardus*. Tandis qu'un seul individu a été analysé pour *A. fallax* et onze individus pour *S. maderensis*.

• Branchiospines

Le nombre des branchiospines sur les branches dorsale et ventrale a été déterminé à partir du premier arc branchial droit (Fig.II.1)

Les branchiospines : appelées encore branchicténies, ce sont des protubérances situées au bord interne et concave des arcs branchiaux. Pour les espèces qui s'alimentent de petites proies planctoniques, Maurin (1966 *in* Brahim.2009) les décrit comme étant de fines tiges extrêmement nombreuses et serrées les unes contre les autres à l'image des dents d'un peigne. Ils arrêtent les particules de sable et de vase et retiennent dans le pharynx les petites proies ou autres particules alimentaires.

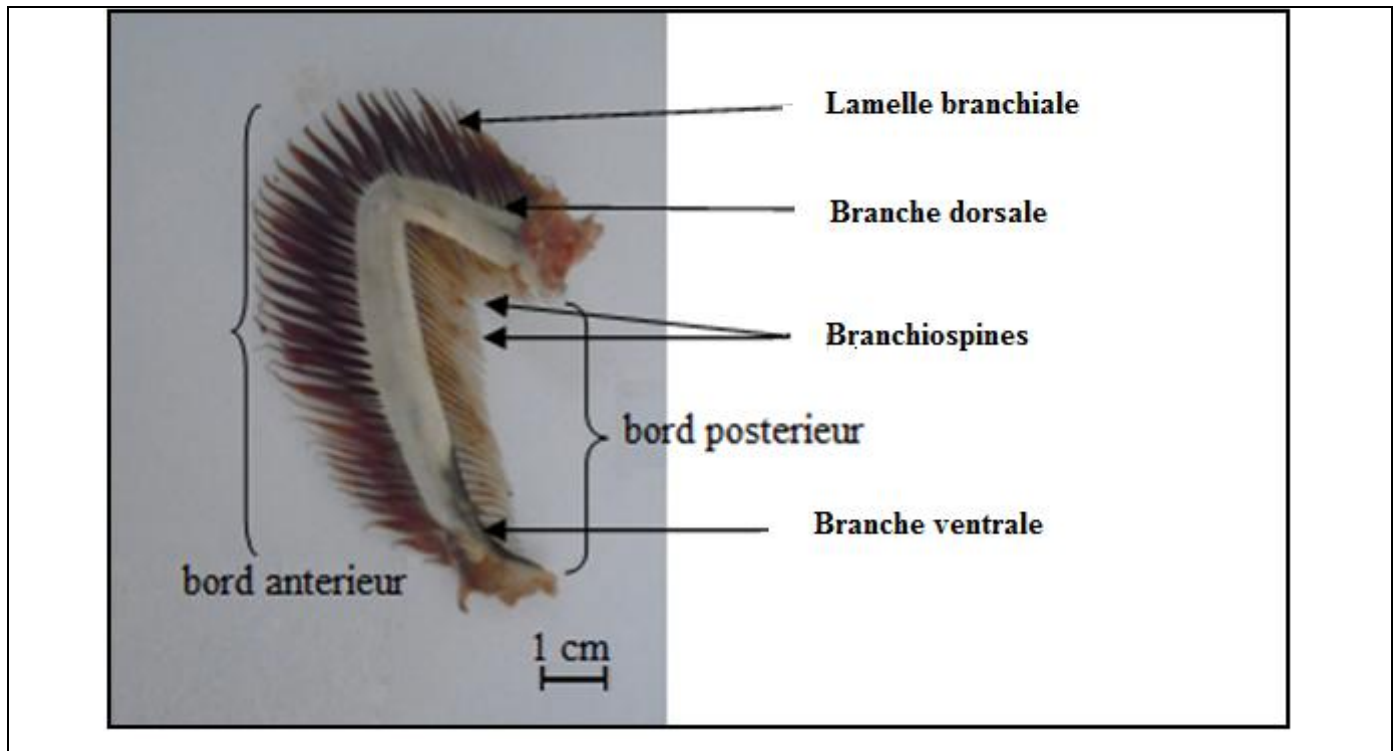


Figure II.1 Face interne du premier arc branchial droit de Clupeidae.

• **Vertèbres :**

Pour le comptage des vertèbres (Figure.1 annexe), nous avons fait bouillir les individus pendant quelques minutes Il est ainsi aisé de séparer la colonne vertébrale de la chair à l'aide d'un scalpel. Nous avons compté toutes les vertèbres du condyle occipital non compris à l'urostyle inclus.

• **Nombre de rayons des nageoires :**

Les rayons des nageoires dorsale, anale, pelvienne et caudale des individus de *clupeidae* ont été comptés (Figure .2 annexe).

1.3.2. Caractères morphométriques

Les données obtenues (tableau.1 -annexe-) ont fait l'objet d'une Analyse en Composantes Principales.

La recherche des composantes principales consiste à déterminer les longueurs ou variances des axes principaux et ce par l'intermédiaire d'opérations matricielles et de la diagonalisation de la matrice de corrélations.

1-LST: longueur standard, de l'extrémité du museau à la base du rayon caudal.

2-LF: longueur à la fourche, du bout du museau à la fourche.

3-LT: longueur totale, du bout du rostre à l'extrémité du lobe le plus long de la nageoire caudale posée en extension.

4-Pd: distance pré-dorsale, du bout du rostre jusqu'à l'extrémité antérieure de la nageoire dorsale.

5-rd : longueur du rayon dorsale

6-ld: longueur de la nageoire dorsale, de la base du premier rayon épineux jusqu'au dernier rayon mou

7-Pplv : longueur pré -pelvienne du bout du rostre jusqu'à l'extrémité antérieure de la nageoire pelvienne

8-plv: longueur de la nageoire pelvienne, de sa base à son extrémité.

9-Pa : longueur pré -anale du bout du rostre jusqu'à l'extrémité antérieure de la nageoire anal

10-La: longueur de la nageoire anale, de la base du premier rayon épineux jusqu'au dernier

11-Lt: longueur de la tête, de l'extrémité du museau à la pointe de l'épine operculaire horizontale.

12-LO : longueur de l'œil

13-LC: largeur du corps, la plus grande distance entre les flancs.

14-HC : hauteur du corps.

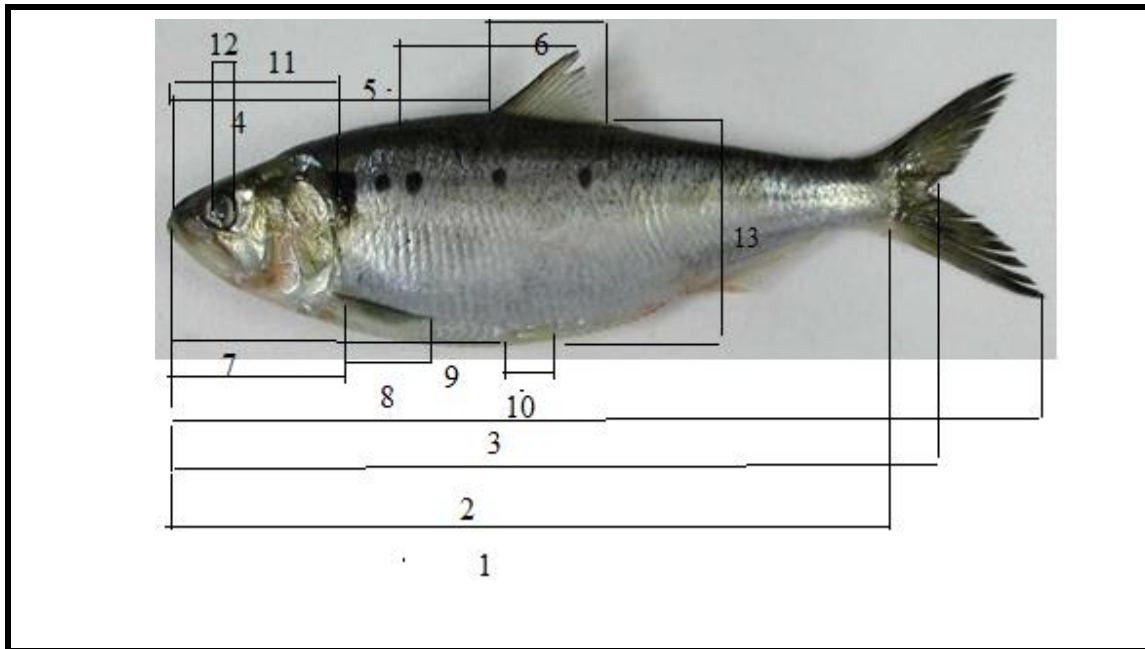


Figure II.2. Caractères biométriques mesurés sur les représentants des Clupeidae.

Nous avons choisi de standardiser nos variables, selon la méthode de Bacha *et al* (2014) décrite par Leonart *et al.* (2000) pour éliminer l'effet de la taille des individus et de la croissance relative à partir d'une matrice de données morpho métrique multi variées. La relation de standardisation est décrite par la relation suivante :

$$MS = MO (TI / TL) b$$

MO : la mesure morphométrique d'origine

TI: la Longueur totale moyenne de tous les individus

TL : la longueur totale

b : pente

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur ces données morphométriques standardisées (fig.II.2). L'analyse a été réalisée à l'aide du programme Statistica 5. Ce progiciel est capable de réaliser des analyses sur des matrices. Ces méthodes sont particulièrement puissantes pour explorer la structure des données en tenant compte de leur caractère multidimensionnel. Elles ont été décrites par plusieurs auteurs entre autres Daget (1976), Legendre et Legendre (1979 et 2006), Dagnelie (1973 et 1975), Gilbert (1978), Laforge (1981), Philipeau (1986), Lagarde (1983), Bourroche et Saporta (1992),

Georgin (2007), ainsi que par d'autres auteurs cités par Ladoul (2011): Schwartz (1983) ; Duby et Robin (2006).

L'ACP est une technique permettant de réduire un système complexe de corrélations en un plus petit nombre de dimensions. La méthode des composantes principales est également appelée méthode des axes principaux.

1.3.3. Morpho-Géométrie

MorphoJ est un progiciel intégré permettant d'effectuer des opérations morphométrique géométriques.

Selon Klingenberg (2011), cet outil permet de fournir un environnement convivial pour inclure l'ensemble des analyses couramment effectuées en morphométrie géométrique de sorte que le l'utilisateur peut se concentrer sur les aspects biologiques et statistiques de l'analyse; et ceci en passant par plusieurs étapes à savoir :

- Construction des fichiers en format TPS (à l'aide de l'outil Tpsutil):
 - Les photos des spécimens prises doivent contenir une unité de mesure (règle ou lame graduée),
 - Les photos qui nous intéressent vont être sélectionnées puis converties en format TPS.
- Faire des repères (à l'aide de l'outil TpsDig2) :
 - On attribue des repères sur chaque individu pour chaque population.



Figure II.3. Représentation des repères utilisés dans le programme tpsDig2.

- Vérification et comparaison des données (à l'aide du logiciel morphoj)

On fait appel à nos populations (format TPS), après avoir vérifié les données, on applique une comparaison sur ces populations. Dans notre étude nous avons effectué une analyse canonique de la variance. Les étapes sont illustrées ci-dessous (**Fig.II.4**) :

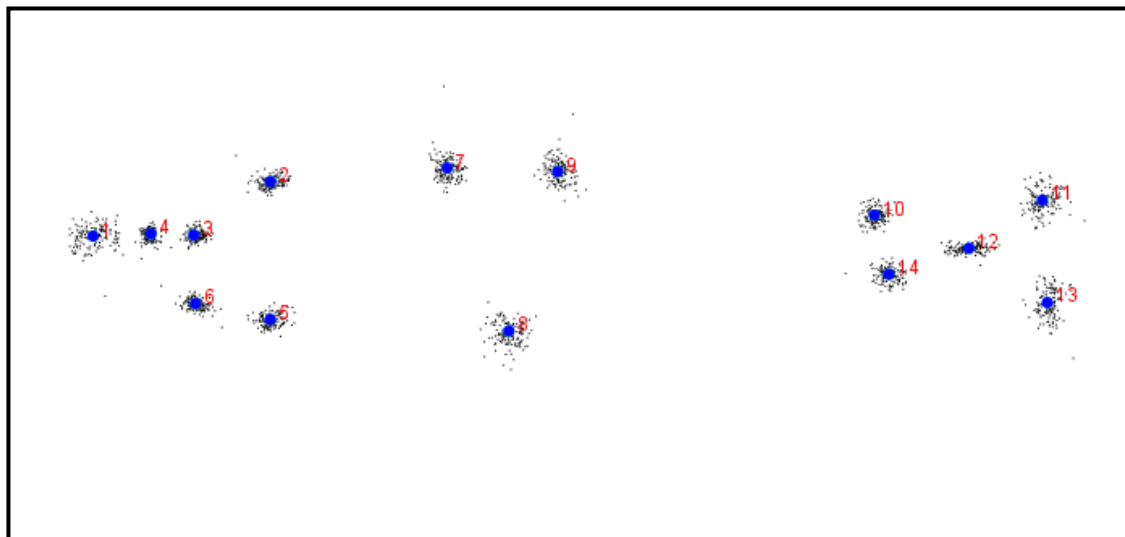


Figure II.4. Représentation des repères utilisés pour tous les individus dans le programme MorphoJ.

1.3.4. Caractères ostéologiques

Dans notre étude, seul le squelette céphalique a été pris en considération ; il est constitué du neurocrâne qui protège le cerveau et la cavité des sens et du splanchnocrâne qui soutient et protège la cavité buco-pharyngienne.

Des observations et des montages ont été réalisés et des photos numériques ont été prises, ce qui a permis de répondre par l'illustration à la problématique posée au départ, à savoir mettre en évidence les éléments céphaliques qui permettent de différencier sur le plan morphologique et ostéologique les espèces de Clupeidae.

La technique consiste à faire cuire à la vapeur séparément pendant quelques minutes, dans un couscoussier les têtes de poissons sur les deux faces latérales et à les déposer dans une assiette après cuisson sur leur côté droit. Ensuite on procède au prélèvement à l'aide de pinces fines et à l'identification des pièces squelettiques. Ceci nécessite de nettoyer préalablement les pièces dans un cristalliseur rempli au tiers d'eau javellisée

Les pièces squelettiques ainsi nettoyées et séchées à l'aide de papier absorbant sont déposées sur un support noir. Des montages ont été ainsi réalisés suivant les différentes

régions de la tête et des photos numérisées ont été prises pour les grandes pièces et sous loupe binoculaire pour les petits os.

L'observation macroscopique s'est avérée nécessaire pour la mise en évidence des moindres détails qui pourraient éventuellement répondre à la problématique posée qui consiste à mettre en évidence les ressemblances et les divergences entre les différentes espèces.

Enfin les pièces squelettiques, une fois traitées sont mises dans des piluliers étiquetés.

Les pièces étudiées appartenant au squelette céphalique et au squelette viscéral.

1.3.4.1. Squelette céphalique

Le squelette céphalique est constitué du neurocrâne qui protège le cerveau et la cavité des sens et du splanchnocrâne qui soutient et protège la cavité buco-pharyngienne (Boue et Chaton 1974).

•Neurocrâne

Le neurocrâne protège le cerveau et la cavité des sens, et est constitué de deux parties : la voûte et le plancher. , ce dernier comprend trois os qui sont de l'arrière vers l'avant : le basioccipital, le para sphénoïde et le vomer tandis que la voûte est formée par des os pairs et impairs :

-Les os pairs : sont représenté par les éthmoïdes latéraux, les nasaux, les lacrymaux, les frontaux, les pariétaux, les occipitaux et les exo occipitaux.

-Les os impairs : l'éthmoïde rostral et le mésethmoïde.

-Le nasal, le lacrymal, les pièces optiques et otiques n'ont pas été prises en considération.

➤ **Plancher** : Vomer, parasphénoïde et basioccipital

➤ **Voûte** : L'éthmoïde rostral, le mésethmoïde, l'éthmoïde latéral, le frontal, le pariétal,

l'exoccipital et l'occipital.

1.3.4.2. Splanchnocrâne ou squelette viscéral

Selon Boue et Chaton (1974), il est constitué de pièces squelettiques protégeant et soutenant la cavité buco pharyngienne ; on y rencontre côte à côte, des os de cartilage et des os de recouvrement ; le tout constitue un ensemble d'arcs viscéraux osseux.

➤ **Arc mandibulaire :**

De cet arc dérive le squelette des mâchoires. La mâchoire supérieure avec le prémaxillaire, maxillaire, palatin, ptérygoïde, mésoptérygoïde, métaptérygoïde, carré. Le maxillaire, prémaxillaire, le carré et le dentaire ont été pris en considération ; un intérêt particulier a été accordé à ces pièces squelettiques en raison de leur contribution à l'identification de nos espèces.

➤ **Arc hyoïdien:**

L'hyomandibulaire (en relation avec la capsule auditive) est constitué par 7 pièces : le symplectique ; l'épihyal (relié au symplectique par l'interhyal) ; le cératohyal (il porte des rayons branchiostèges soutenant les filaments branchiaux) ; hypohyal et le basihyal, l'hyomandibulaire ont été pris en considération.

➤ **Arcs branchiaux :**

Au nombre de 5 avec 4 os de cartilages pour chacun ; le pharyngobranchial, l'épibranchial ; le cératobranchial et l'hypobranchial. Les hypobranchiaux des trois arcs branchiaux antérieurs se fusionnent avec un os de cartilage ventral médian, le basibranchial. Il est à noter que les pièces squelettiques qui construisent l'arc hyoïdien et les arcs branchiaux, n'ont pas été prises en considération,

➤ **Pièces operculaires**

L'opercule est une expansion postérieure de l'arc hyoïdien ; il est constitué par six os de membrane qui sont fixés au bord postérieur de l'hyomandibulaire et du symplectique : préoperculaire, operculaire, interoperculaire, supraoperculaire, sous operculaire et postoperculaire.

2. Résultats et discussion

2.1. Caractères morphologiques et méristiques

L'examen de notes et traités faunistiques (Fisher *et al.*, 1987 et Bauchot. & Pras1980) montrent qu'il existe trois genres comprenant 5 espèces de Clupeidae dans le bassin algérien, il s'agit de : *Alosa alosa*, *Alosa fallax*, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, et *Sardinella maderensis*.

Le tableau suivant regroupe les effectifs des différentes espèces, leurs gammes de taille:

Tableau.II.1. Effectif, gamme de taille, moyenne et Ecart type des Clupeidae récoltés.

Espèces	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>A. fallax</i>	<i>S. maderensis</i>
code	<i>S A</i>	<i>S P</i>	<i>A F</i>	<i>S M</i>
Taille max (cm)	22.9	16	38.9	21
Taille min (cm)	12	11	24	14
Effectif	239	254	3	24
Moyenne	16.895	13.765	27.72	18.98
Ecart type	1.47	0.8	10.53	1.99

2.1.1. Caractères morphologiques

Si l'on examine les uns après les autres les divers caractères ci-dessus, invoqués par les auteurs successifs pour différencier les genres et les espèces des Clupeidae.

2.1.1.1. Nageoires dorsale

Une seule nageoire dorsale située au-dessus du milieu du corps; couleur argentée ; qui montre une homogénéité de forme pour les espèces de Clupeidae (Figure II.5.), avec une particularité chez *Sardinella maderensis* ; en effet, elle présente une tâche noire au niveau de l'insertion de la nageoire dorsale (Figure II.5.c).

L'étude de la variabilité inter et intra spécifique du nombre de rayons sera détaillée dans la partie méristique.

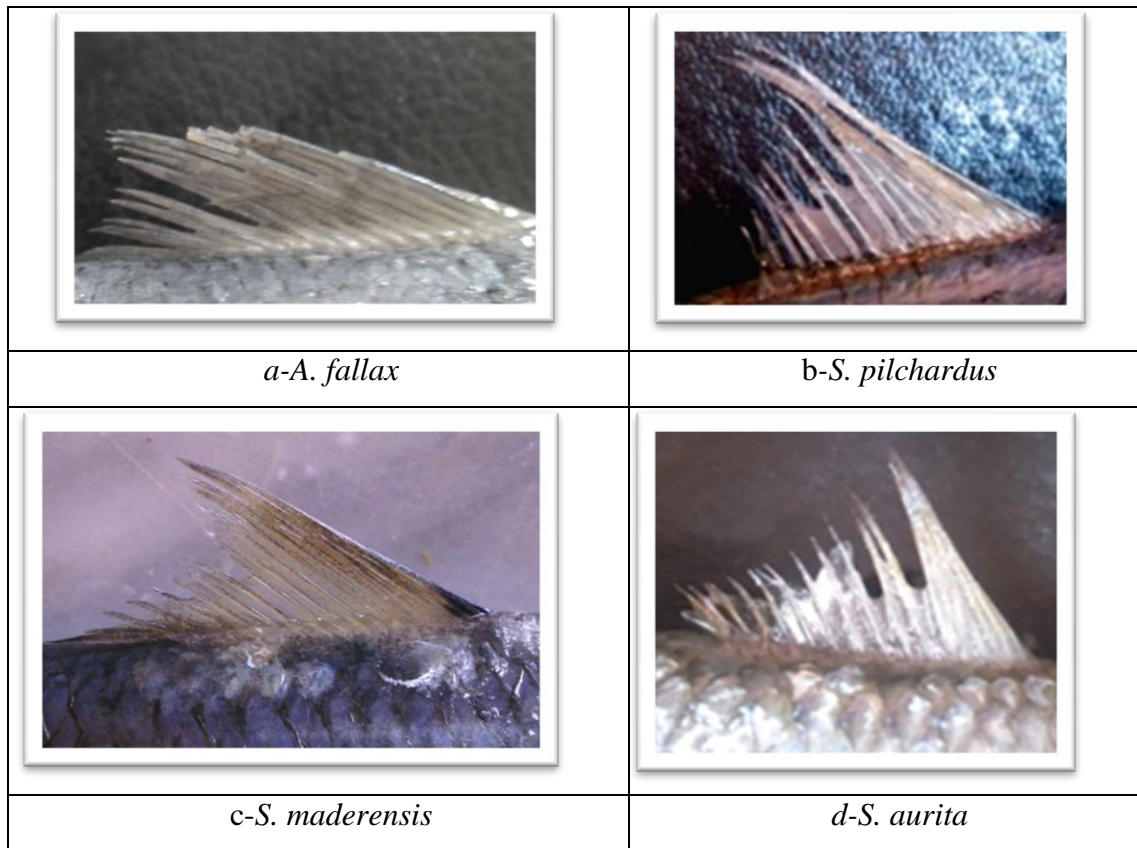


Figure.II.5. Comparaison de la nageoire dorsale entre les différentes espèces de Clupeidae.

2.1.1.2. Dents

Tous les représentants de la famille des Clupeidae vivant dans le bassin algérien présentent un chevron vomérien et des prémaxillaires dentés.

Quelques variations peuvent être notées, plus spécialement en ce qui concerne le développement et la position des dents vomériennes; en effet, chez *Alosa fallax*, elles sont beaucoup plus fortes, peu nombreuses, nettement séparée en somme de véritables canines (Figure. II.6.a.);

Sardina pilchardus, *Sardinella aurita* et *S. maderensis* est sont caractérisées par la présence de nombreuses petites dents légèrement développées, les dents sur les mâchoires sont petites et souvent indécélabes (Figure II.6.a)

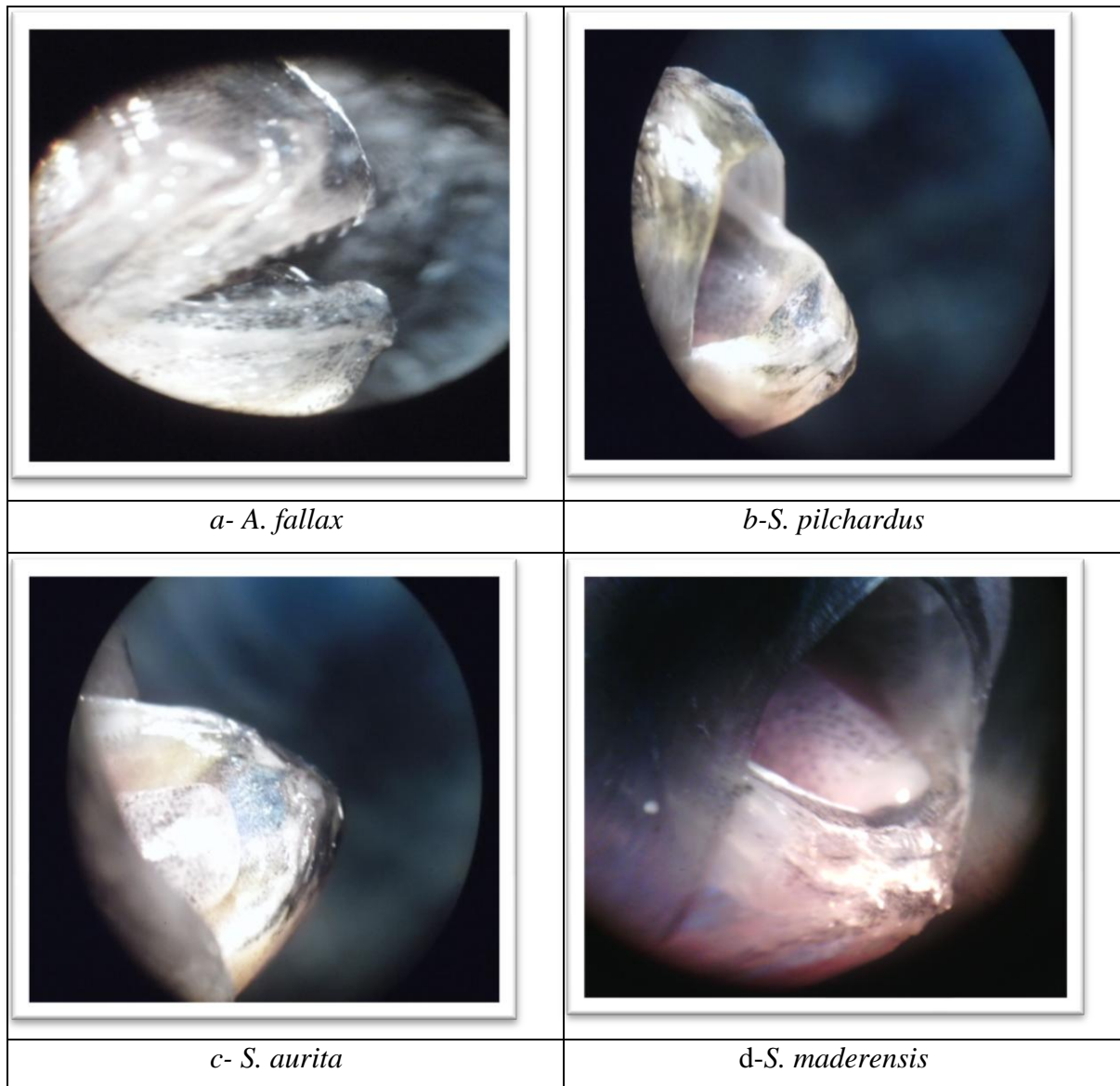


Figure.II.6 : Comparaison interspécifique des dents.

2.1.1.3. Tête

L'analyse de ce caractère (Figure II.7) fait ressortir qu'une tâche noire distincte sur le bord postérieur de l'opercule caractérise *S. aurita*, tandis que *S. maderensis* est reconnue une coloration noirâtre tout au long du bord postérieur de son opercule. *S. pilchardus* et *A. fallax*; quant à elles, présentent des irisations au niveau de l'opercule; l'étude ostéologique permettra une meilleure observation de ce caractère. *A. fallax* est facilement identifiable grâce à la présence d'une large tâche noire, nette en arrière de l'opercule, parfois suivie d'une ou plusieurs autres taches plus petites nettement séparées.

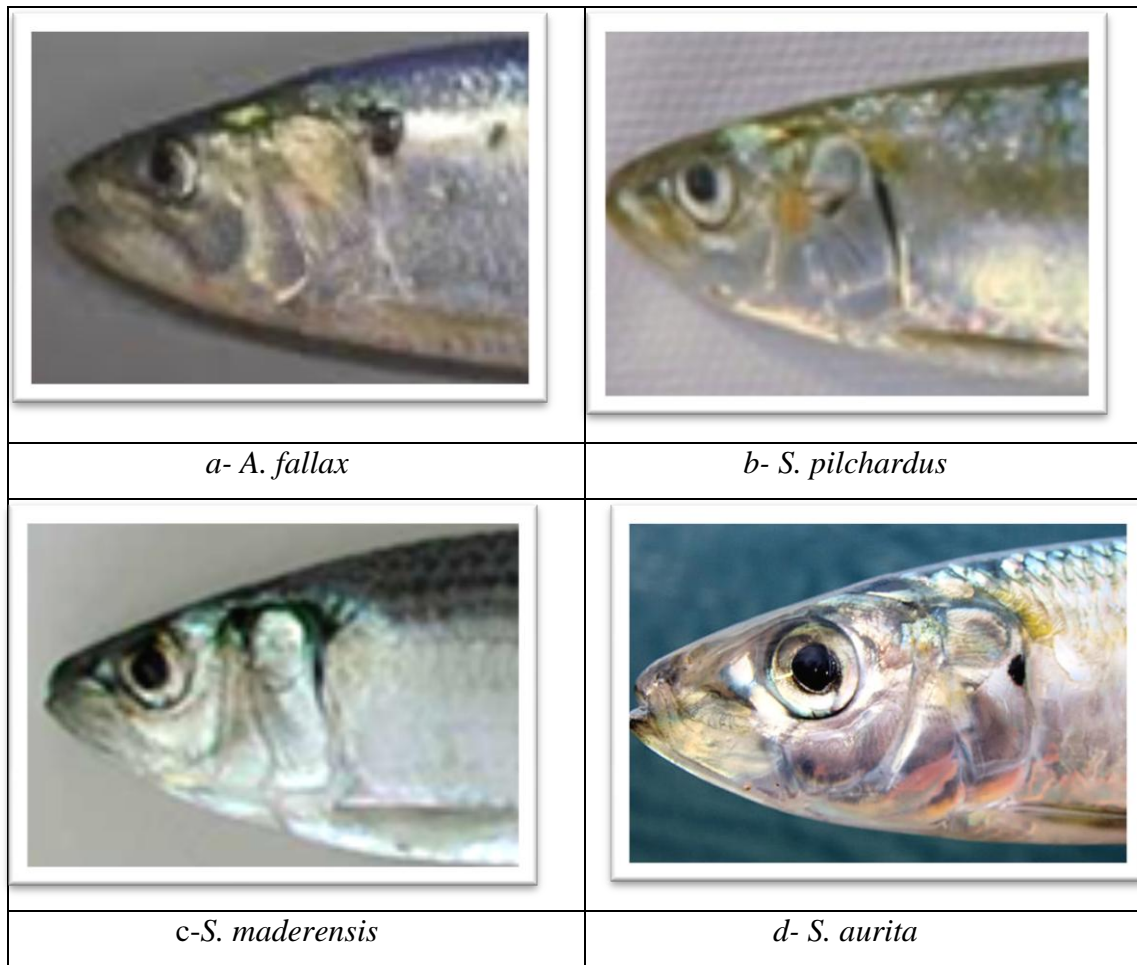


Figure.II.7. Comparaison interspécifique de la tête.

2.1.1.4. Museau

Les espèces de la famille des Clupeidae sont caractérisées par une bouche terminale. L'analyse de ce caractère a permis de spécifier l'espèce *Alosa fallax*, en effet, sa mâchoire supérieure présente une échancrure médiane où vient se placer l'extrémité de la mâchoire inférieure, la mâchoire inférieure s'emboîte dans une encoche de sa mâchoire supérieure de forme triangulaire. (figure.II.8.a.), et nous observons une mâchoire supérieure arrondie, sans échancrure médiane chez *S. pilchardus*, *S. aurita* et *S. maderensis*.

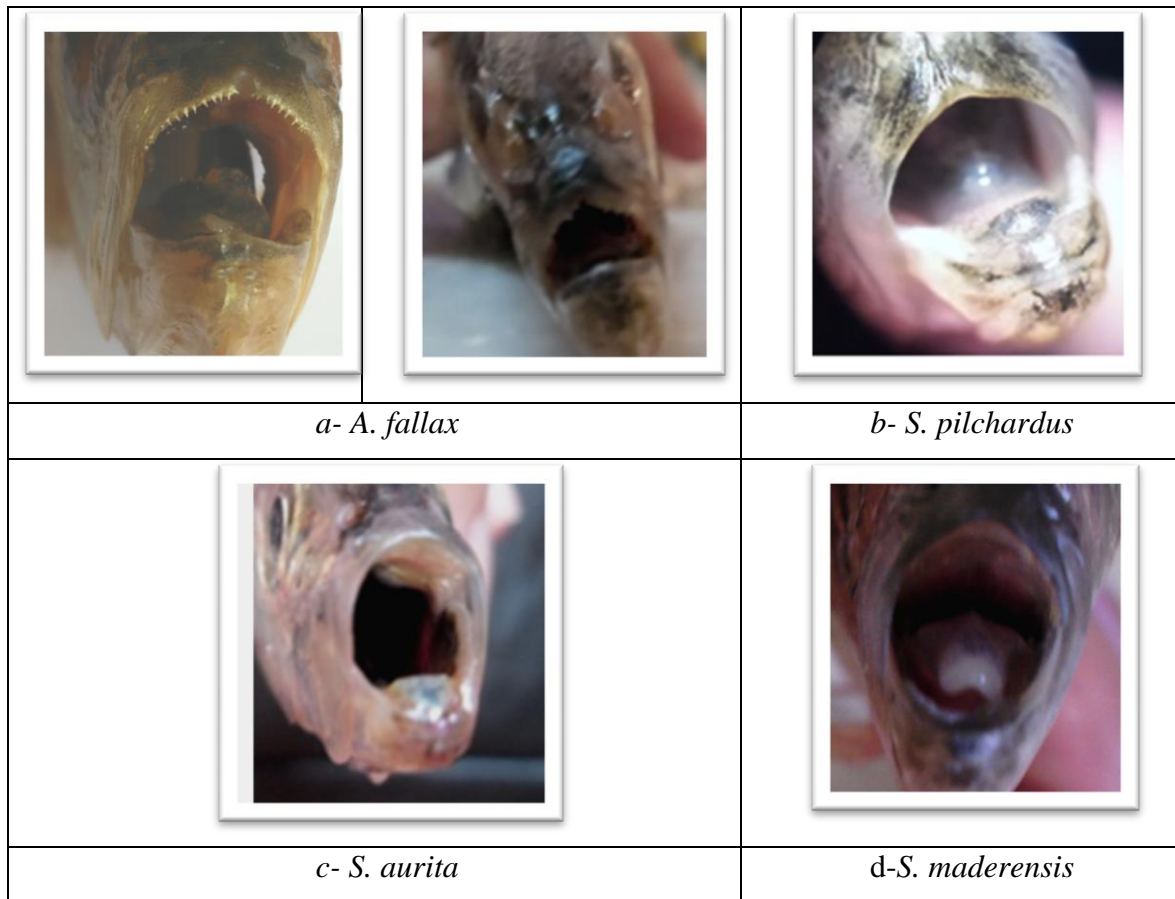


Figure II.8. Comparaison interspécifique du museau.

2.1.1.5. Flanc

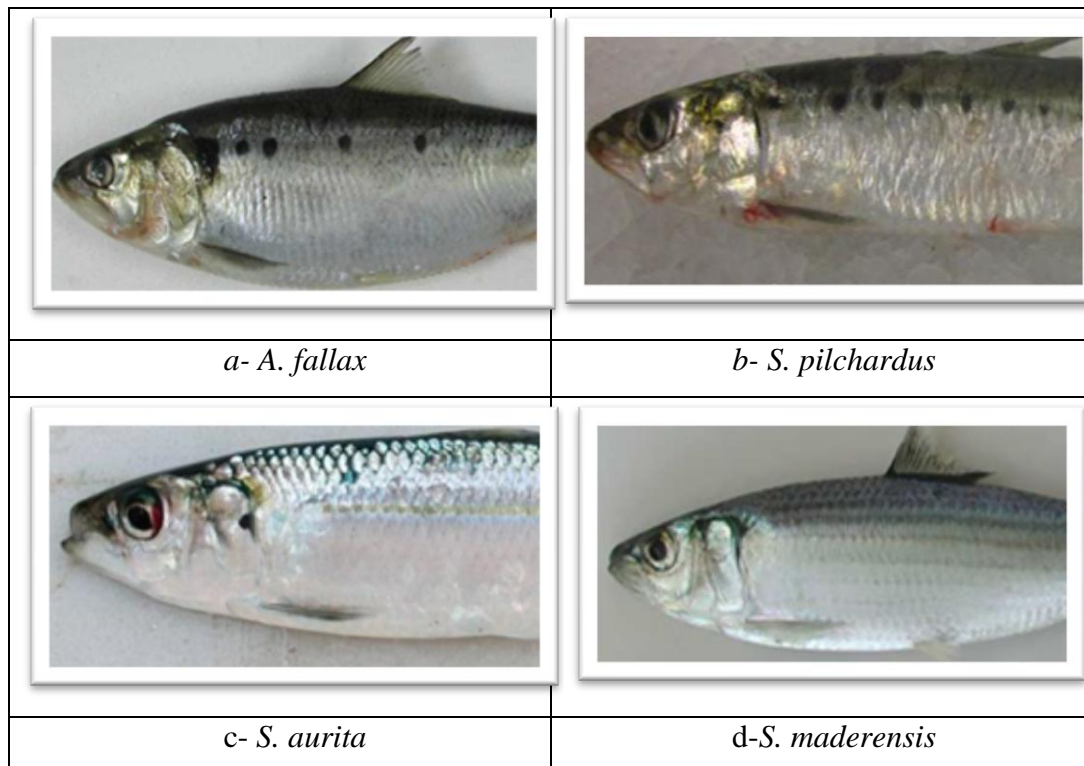


Figure II.9. Comparaison interspécifique du flanc.

Une observation détaillée sur le flanc des Clupeidae permet de reconnaître quelques espèces: *S. aurita* est reconnaissable par la ligne doré, *A. fallax* caractérisée par une grande tache noire près de l'opercule suivie de plusieurs autre tache plus petites nettement séparées (Figure II.9.a).

Un remarque s'impose pour *S. pilchardus*, en effet, elle présente une discontinuité morphologique à savoir la plus part des individus prélevés sont caractérisés par la présence d'une série de petites taches noires arrondies. Néanmoins, quelques individus peuvent en être dépourvus, ou être pourvus de deux séries de taches (Figure II.10.c et d).

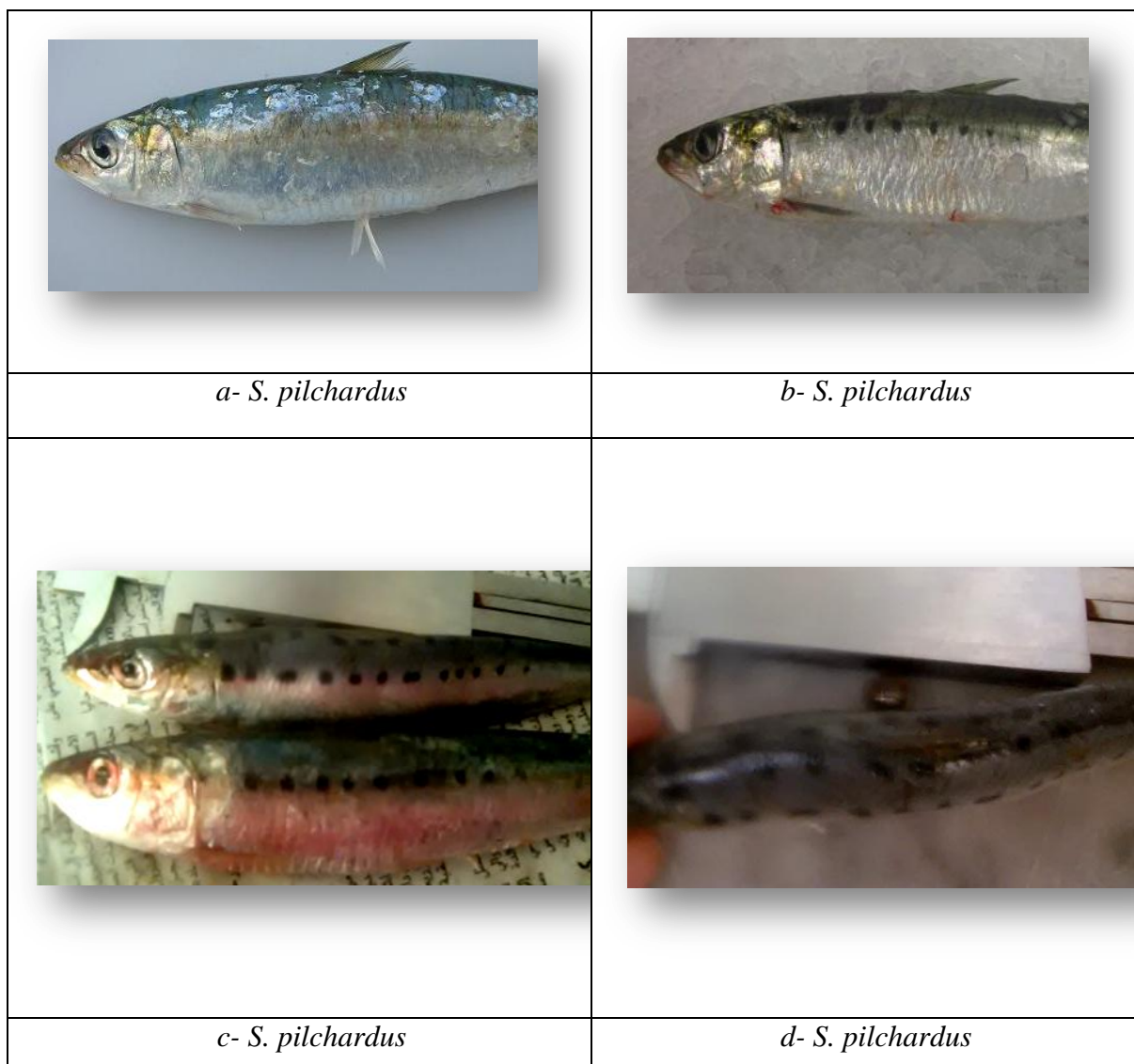


Figure II.10. Comparaisons intraspécifique des tâches.

2.1.2. Caractères méristiques :

2.1.2.1. Branchiospines :

Le nombre de branchiospines est représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.2. Nombre de branchiospines chez les Clupeidae

Espèces	<i>S. pilchardus</i>		<i>S. aurita</i>		<i>A. falax</i>		<i>S. maderensis</i>	
Branchiospines	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
		47	96	54	186	52	90	82
Moyenne	78,11		104,13		71		88,5	
Ecart-type	9,12		36,18		12,67		3,56	
FAO	44	106	> 80		30	80	>70	

Le nombre de branchiospines sur l'arc branchial, varie de 47 à 96 chez *S. pilchardus* avec une moyenne de 78.1 branchiospines ; tandis que pour *S. aurita*, il oscille autour d'une moyenne de 104 entre 54 à 186

La moyenne des branchiospines établie à partir des individus échantillonnés caractérise les populations des clupeidae, vivant dans le bassin algérien (tableau II.2.) ; l'étendue de variabilité des branchiospines chez *S. aurita* est très importante et distingue probablement les deux populations de sardinelles.

2.1.2.2. Vertèbres

Nous avons compté le nombre de vertèbres de chaque espèce, les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.3. Nombre des vertèbres chez les Clupeidae

Espèces	<i>S. aurita</i>		<i>S. pilchardus</i>		<i>A. falax</i>		<i>S. maderensis</i>	
Nombre de vertèbres	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
		26	56	24	56	49	55	30
Moyenne	35		48,69		52		28,95	
Ecart-type	6,76		2,98		2		1,87	

Le nombre de vertèbres, varie de 26 à 56 chez *S. aurita* avec une moyenne de 35 ; tandis que pour *S. pilchardus*, il oscille autour d'une moyenne de 48 entre 24 à 56 (figure-1-annexe)

La moyenne des vertèbres établie à partir des individus échantillonnés caractérise la population des clupeidae, vivant dans le bassin algérien (tableau II.3) ; l'étendue de variabilité des vertèbres chez *S. aurita* et chez *S. pilchardus*, est très important et distingue vraisemblablement les deux populations de sardinelles et celles de la sardine.

2.1.2.3. Rayons de la nageoire dorsale

Le nombre de rayons de la nageoire dorsale est consigné dans le tableau suivant :

Tableau II.4. Nombres de rayons de la nageoire dorsale

Espèces	<i>S. aurita</i>		<i>S. pilchardus</i>		<i>A. falax</i>		<i>S. maderensis</i>	
	Min	max	min	max	Min	Max	Min	Max
Nombres de rayons	12	21	14	18	17	19	16	18
Moyenne	15,93		15,82		18		17,2	
Ecart-type	1,07		1,00		0.67		0,53	

Le nombre de rayon de la nageoire dorsale, varie de 12 à 21 chez *S. aurita* avec une moyenne de 15,93 ; tandis que pour *S. pilchardus*, il oscille autour d'une moyenne de 15,82 entre 14 à 18. La moyenne des rayons de la nageoire dorsale établie à partir des individus échantillonnés caractérise la population des clupeidae, vivant dans le bassin algérien (tableau.II.4.) ne ressort aucune particularité.

2.1.2.4. Rayons de la nageoire anale

Le nombre de rayons de la nageoire anale, varie de 8 à 14 chez *S. aurita* avec une moyenne de 10,42 ; tandis que pour *S. pilchardus*, il oscille autour d'une moyenne de 11 entre 10 à 13.

Le nombre de rayons de la nageoire anale est représenté le tableau suivant :

Tableau II.5 Nombres de rayons de la nageoire anale

Espèces	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>A. fallax</i>	<i>S. maderensis</i>
Nombres de rayons	8 à 14	10 à 13	16	13 a16
Moyenne	10,42	11	/	14,4
Ecart type	1,85	1,33	/	0,73

2.1.2.5. Rayons de la nageoire pelvienne

Le nombre de rayons de la nageoire pelvienne est représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.6. Nombres de rayons de la nageoire pelvienne

espèces	<i>S. aurita</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>A. fallax</i>	<i>S. maderensis</i>
Nombres de rayons	14 à 18	13à16	11	14 a16
Moyenne	15,61	15,62	/	15,4
Ecart type	1,00	1	/	0,6

Le nombre de rayon de la nageoire pelvienne, varie de 14 à 18 chez *S. aurita* avec une moyenne de 15,61 ; tandis que pour *S. pilchardus*, il oscille autour d'une moyenne de 15,62 entre 13 à 16 (figure -2 – annexe).

Il y va de soi que l'analyse du nombre de vertèbres et de branchiospines chez *S. pilchardus* , *S.aurita* , *A. fallax* et *S. maderensis* respectivement dénote une grande différence ; cela nous a rendus un peu perplexe quant à l'explication de cette variabilité.

Le tableau suivant synthétise les différents résultats obtenus pour le nombre de vertèbres de *S. aurita* dans différentes zones d'étude.

Tableau II.7. Moyenne vertébrale de *S. aurita* dans différentes régions.

Région	Auteur	Moyenne vertébrale
Oran	Fage (1920)	48,22
Bou-Ismaïl	Dieuzeide et Roland (1957)	47,99
Secteur centre (Algérie)	Bouaziz Ahmed (2007)	47,46
Secteur Est (Algérie)	Bouaziz Ahmed (2007)	47,62
Oran	Bouchereau (1981)	51,29
Secteur Centre-Ouest (Algérie)	Présente étude	35

L'analyse du tableau montre une variabilité des résultats de la littérature, et la moyenne estimée par la présente étude semble être supérieure aux résultats obtenus et dans la norme par rapport aux autres résultats obtenus par les différentes régions.

Ces variations selon les classes de taille, ne semblent pas évoluer avec la taille du poisson. Cela nous ramène à la même explication donnée par (Letaconnoux, 1945 ; *in* Bennmansour, 2009) que le nombre de vertèbres est en relation avec une variabilité phénotypique qui serait déterminée par des paramètres externes, notamment la température au premier stade du développement embryonnaire.

D'après Hemida (1987), le nombre de vertèbres est en relation inverse avec les courants Atlantiques : il augmente à la diminution de l'influence du courant Atlantique. Il n'est généralement admis que la moyenne vertébrale varie d'une façon inverse avec la température et d'une manière directe avec la salinité.

L'analyse des caractères méristique montre qu'il a une variabilité intraspécifique, surtout pour *S. aurita*. Cette variabilité peut être due à trois facteurs :

- Conditions environnementale
- Sexe
- Ou il s'agit d'une sous-espèce

2.2. Analyse morphométrique

Une première analyse en composantes principales a été effectuée sur 306 observations et 16 Variables quantitatives. L'analyse de la matrice de corrélations (tab1, annexe) montre que certaines variables présentent une forte corrélation et génèrent une redondance de l'information. De ce point de vue, seules 6 variables ont été considérées. Les deux premiers axes (Tableau.II.8) construisent (67%) de l'information. On considérera

pour notre analyse les axes I, II et III (81% de la variance totale) formant les plans factoriels I-II, I-III.

Tableau II.8. Extraction des composantes principales et valeurs propres des 3 premiers axes

		% Total	Valeurs Propres	Pourcentage
Facteurs	Valeurs Propres	Variance	Cumulées	Cumulé
I	3.055	50.918	3.055	50.918
II	0.997	16.625	4.053	67.543
III	0.863	14.397	4.916	81.939

Si on représente dans un cercle de rayon 1 (cercle de corrélation), chaque variable par un point dont l'abscisse et l'ordonnée sont respectivement les valeurs du coefficient de corrélation sur l'axe I, II et III nous pouvons interpréter chaque axe factoriel et repérer les variables qui rassemblent ou séparent les espèces. La projection des individus sur le plan I-II (LC, Ol et HC) met en évidence les espèces de Clupeidae présentant des similitudes morphométriques (figure.II.11) : il s'agit de *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*. Alors que *Alosa fallax*, et *S. madernsis* sont bien individualisées.

Tableau .II.9. Contribution des variables initiales à la formation des axes I, II et III.

	Facteur I	Facteur II	Facteur III
LT	0.479	0.314	0.198
Rd	0.199	0.171	0.122
Lt	0.083	0.060	0.986
LC	0.746	-0.270	0.060
HC	0.091	0.936	0.070
Ol	0.861	0.316	0.106

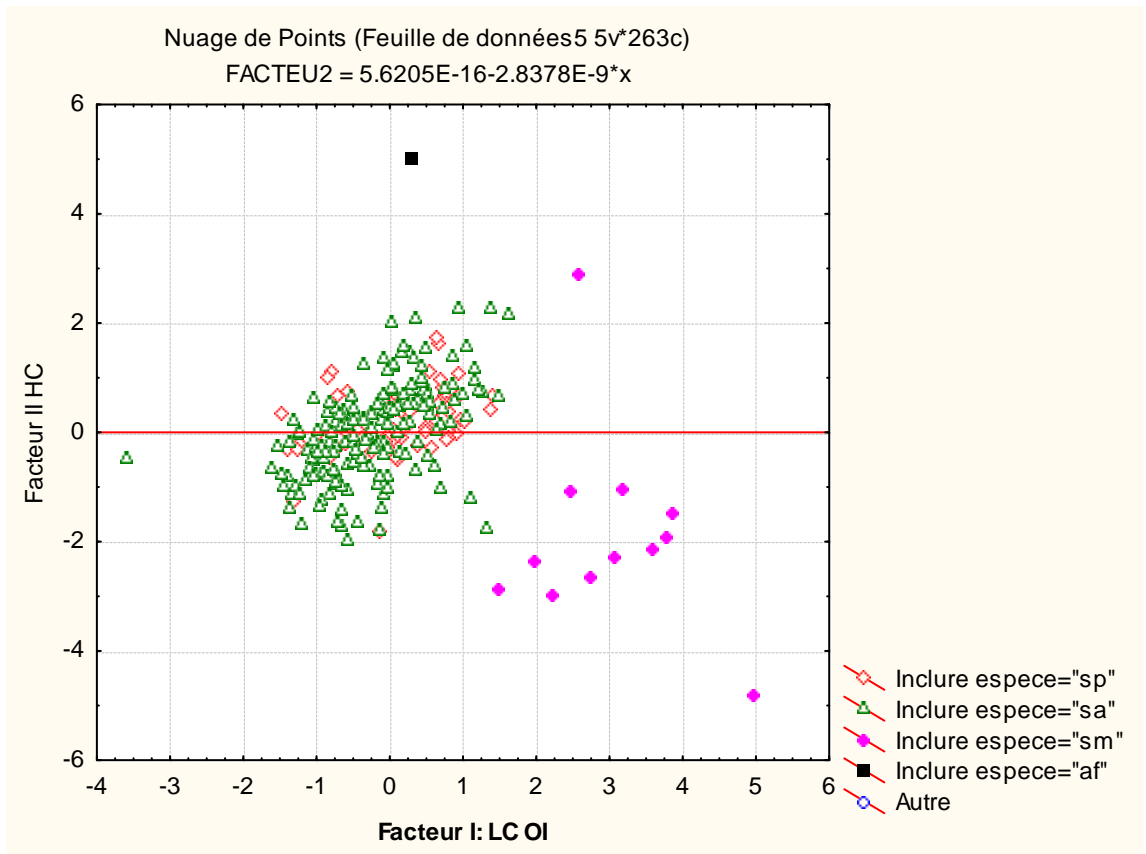


Figure.II.11 Projection des individus sur le plan factoriel I-II-

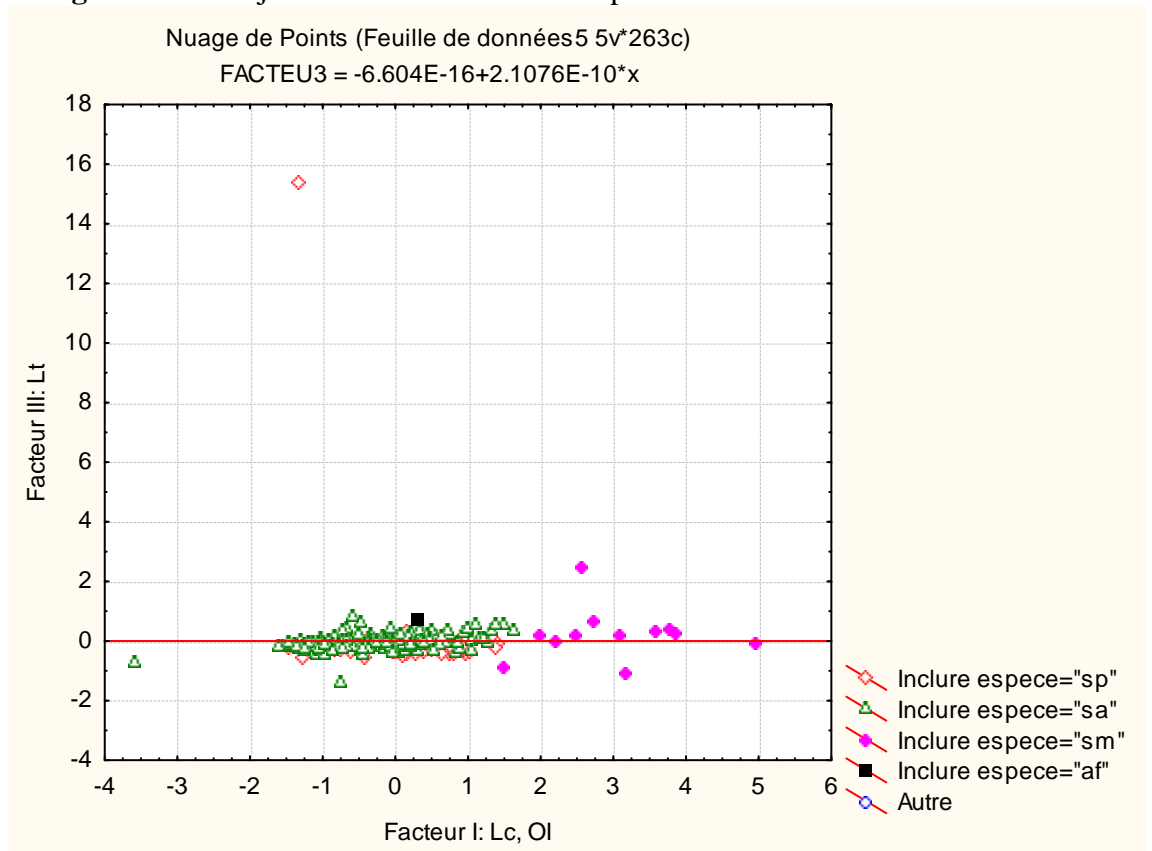


Figure II.12. Projection des individus sur le plan factoriel I-III-

Une autre analyse en composantes principales a été effectuée sur des données standardisées (tab- 2 annexe) après avoir éliminé quelques variables en se basant sur la matrice de corrélation (tab- 3 annexe) . De ce point de vue, seules dix variables ont été retenues. Les deux premiers axes (Tableau.II.10.) construisent (59%) de l'information. On considérera pour notre analyse les axes I, II et III (69% de la variance totale) formant les plans factoriels I-II, I-III.

Tableau II.10. Extraction des composantes principales et valeurs propres des 3 premiers axes

Facteurs		% Total	Valeurs Propres	Pourcentage
	Valeurs Propres	Variance	Cumulées	Cumulé
1	4.707	47.071	4.707	47.071
2	1.246	12.463	5.953	59.534
3	0.995	9.945	6.948	69.479

Tableau II.11. Contribution des variables initiales à la formation des axes I, II et III.

	Facteur I	Facteur II	Facteur II
LST	0.602	0.224	0.141
Rd	0.432	0.085	0.159
Nd	0.469	-0.057	-0.003
Plv	0.574	-0.094	0.134
Pplv	0.105	0.076	-0.159
Lt	-0.080	0.027	0.974
LC	0.922	-0.121	-0.138
HC	-0.117	0.919	0.031
OI	0.617	0.472	0.011
Pev	0.902	-0.060	-0.058
Var. Exp	3.174	1.162	1.060
Prp.Tot	0.317	0.116	0.106

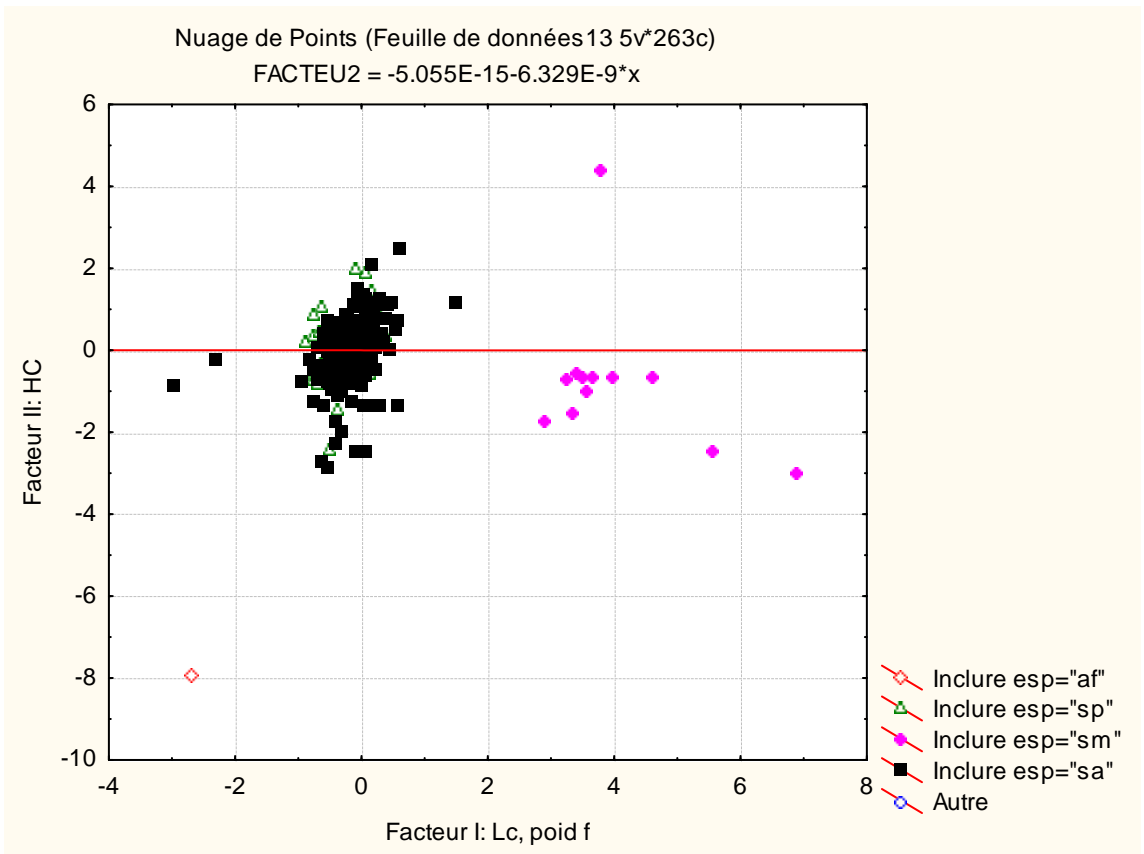


Figure. II.13. Projection des individus sur le plan factoriel I-II-

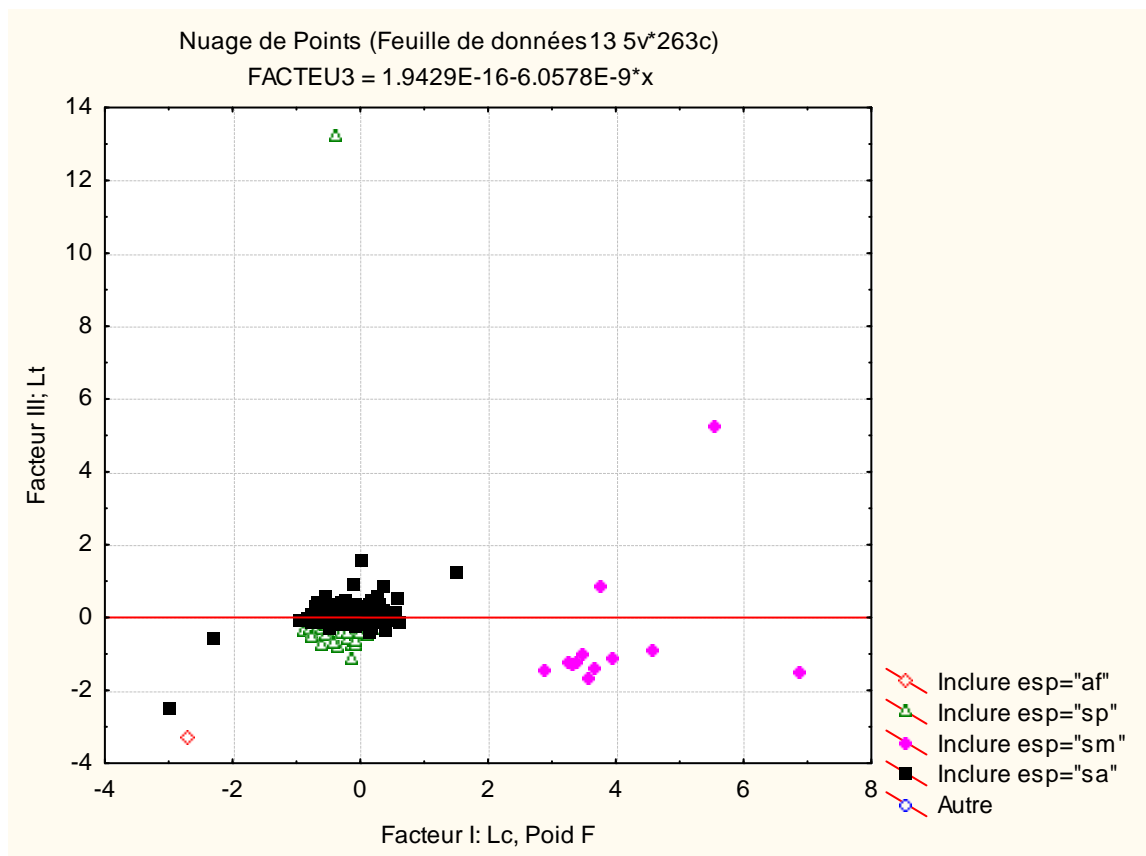


Figure. II.14. Projection des individus sur le plan factoriel I-III-

L'espace individus (figure II.14) met en évidence quatre nuages de points qui séparent nettement des espèces présentant des dissemblances morphométriques (*S.maderensis* et *S. A. fallax*) et regroupent des espèces morphométriquement similaires (*S.pilchardus* et *S. aurita*) Il est à noter que quelques individus appartenant à *S. aurita*, *S.maderensis* et *S.pilchardus* se rapprochent des autres nuages ; ce qui traduit une discontinuité morphométrique assez marquée au niveau de ces espèces et peut prêter à confusion.

L'étude morphométrique confirme les observations morphologiques. Les résultats fournis par l'analyse biométrique permettent d'identifier les espèces de *Clupeidae* grâce à quelques paramètres morphométriques qui les caractérisent : Lc, HC, poid et Lt. Cette dernière permet de séparer nettement *S.pilchardus* de *S. aurita*.

2.3. Analyse morphogéométrique

Selon la projection sur l'axe CVA1 qui explique 94% de la variance nous avons distingué deux groupes (Figure II.15).Premier groupe englobant l'espèce *Alosa fallax*, et un deuxième groupe comprenant deux espèce *Sardinella aurita* et *Sardina pilchardus*

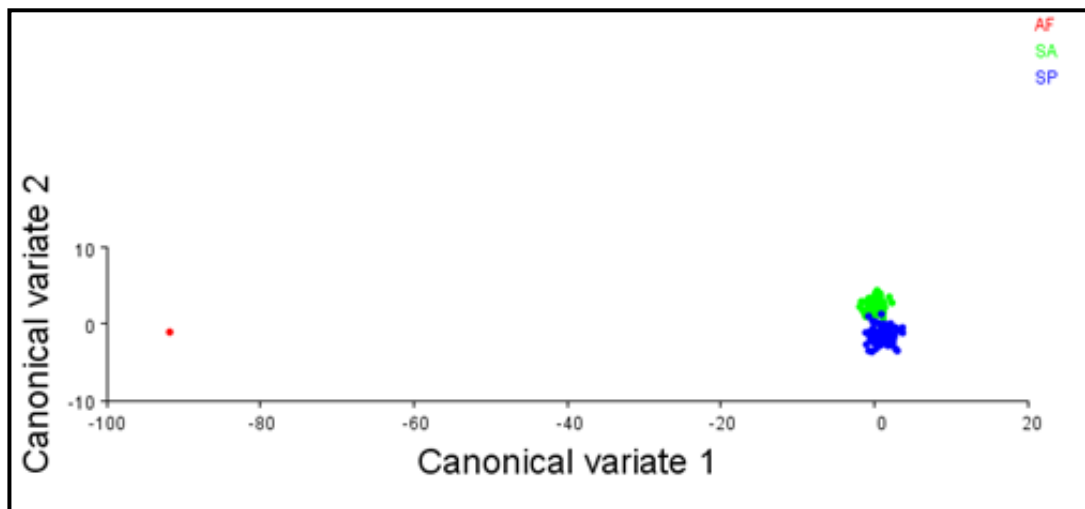


Figure II.15. Graphique représentant le résultat de l'analyse canonique de la variance pour la morphogéométrie pour des espèces.

La distance de Mahalanobis (TabII.12) est une mesure de distance Elle est basée sur la corrélation entre des variables par lesquelles différents modèles peuvent être identifiés et analysés.

Tableau II.12. Distance de Mahalanobis entre les différentes espèces

Distance entre les espèces		
	1. AF	2. SA
2. SA	920,66	
3. SP	927,83	39,02

Les espèces les plus proches sont celles de *S. aurita* et de *S. pilchardus* avec la plus faible distance (39,02) et les plus lointaines sont celles d'*A. fallax* avec une distance de (927,83).

2.3.1. Selon le sexe

Selon la projection sur l'axe CVA1 qui explique 89.48% de la variance nous avons distingué deux groupes (Figure II.16). Un premier groupe englobant l'espèce *A. fallax* et un deuxième groupe comprenant deux espèces *S. aurita* et *S. pilchardus*.

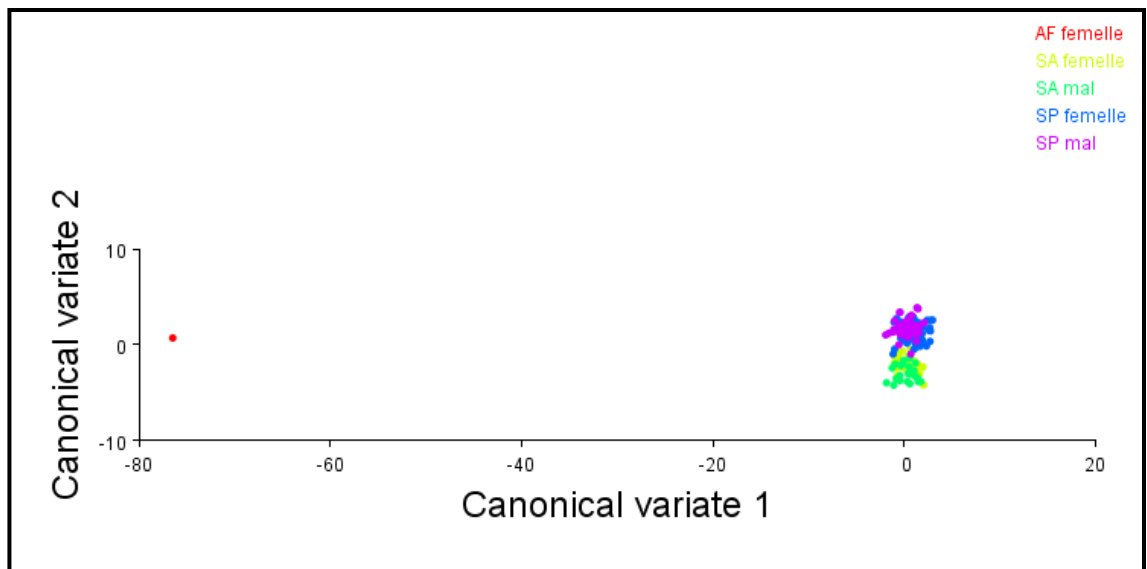


Figure II.16 : Graphique représentant le résultat de l'analyse canonique de la variance pour la morpho-géométrie pour les sexes des espèces.

Tableau II.13. : Distance de Mahalanobis entre les différentes par les sexes des espèces

distances Mahalanobis entre groupes					
	1. SA	2. SP ind	3. SP femelle	4. SP mal	5.SM
1. SA	33,48				
2. SP ind	37,54	47,05			
3. SP femelle	42,55	49,84	16,43		
4. SP mal					
5. SM	769,01	767,51	775,66	767,96	

Selon le tableau les espèces les plus proches sont celles de *S.pilchardus* mâles et de femelle avec la plus faible distance (16,43) et les plus lointaines sont celles d'*A.fallax* femelle et de *S.pilchardus* femelle avec une distance de (775,66).

Quand on fait la projection sur l'axe CVA1 qui explique 89.48% de la variance nous avons distingué deux groupes (Figure 32). Groupe un *S. aurita* et un deuxième groupe comprenant *S.pilchardus*

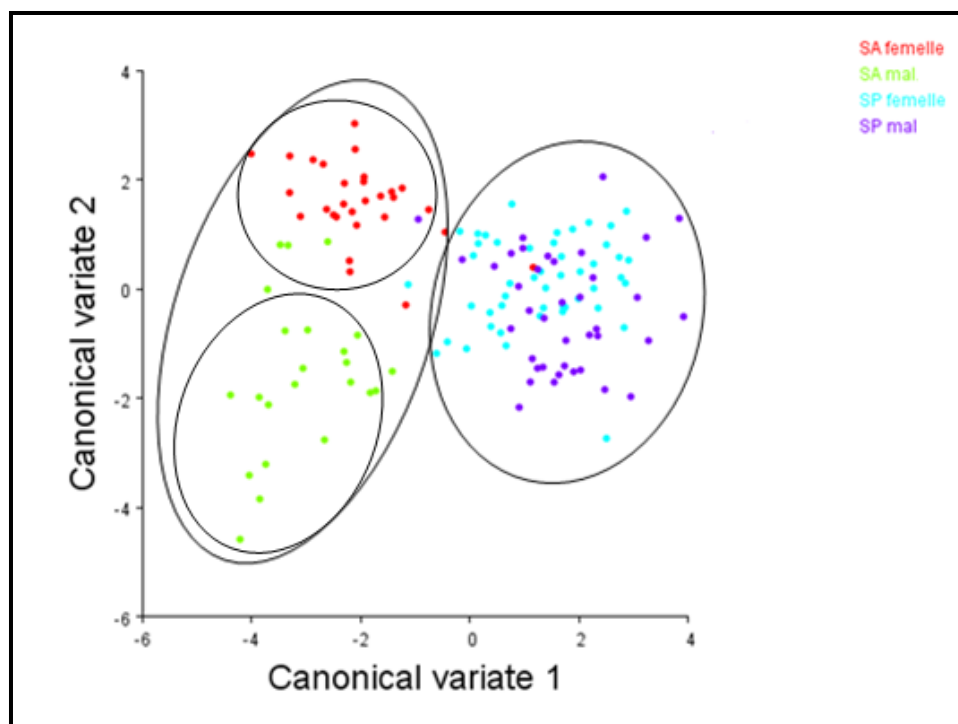


Figure .II.17. Graphique représentant le résultat de l'analyse canonique de la variance pour la morpho-géométrie pour sexe des espèces.

2.3.2. Selon la région

Selon la projection sur l'axe CVA1 qui explique 46.94% de la variance nous avons distingué trois groupes (Fig.II.18). Un premier groupe englobant l'espèce *A. fallax* centre, et un deuxième groupe comprenant *S. aurita* centre et ouest et *S. pilchardus* centre et un troisième groupe englobant *S. pilchardus* ouest.

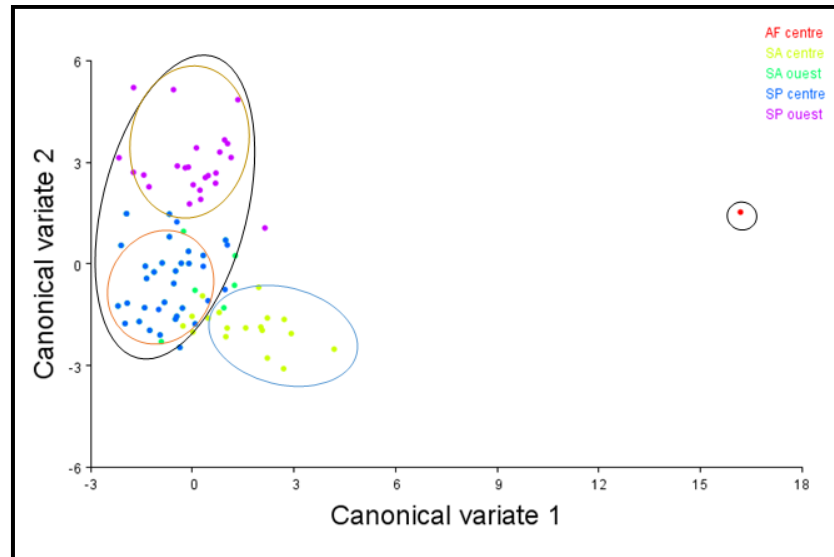


Figure II.18 : Graphique représentant le résultat de l'analyse canonique de la variance pour la morpho-géométrie pour la région.

Tableau II.14 : Distance de Mahalanobis entre les différentes populations par la région.

Mahalanobis distances among groups:				
	1. SA centre	2. AF centre	3. SA ouest	4. SP centre
2. AF centre	159,88			
3. SA ouest	32,18	173,12		
4. SP centre	32,64	173,33	0,19	
5. SP ouest	51,53	168,35	37,72	37,12

Les espèces les plus proches sont celles de *S. aurita* ouest et de *S. pilchardus* centre avec la plus faible distance (0,19) et les plus lointaines sont celles de *A. fallax* centre et de *S. pilchardus* centre avec une distance de (173,33).

Dans notre cas d'étude, nos résultats ont démontré l'existence, d'au moins, deux morphotypes différents chez *S. pilchardus* avec des différences. L'observation morphologique ainsi que l'analyse des caractères méristiques ont mis en évidence une discontinuité assez marquée notée chez *S. pilchardus* et *S. aurita*. L'analyse morphométrique a confirmé l'observation morphologique.

Selon les résultats que nous avons obtenus, on conclut qu'il y a une séparation entre les deux sexes de l'espèce *Sardinella aurita*, mais on remarque qu'il existe quelques individus qui ne suivent pas la norme qui prouvent la discontinuité morphométrique.

L'étude morphométrique confirme les observations morphologiques. Les résultats fournis par l'analyse biométrique permettent d'identifier les espèces de Clupeidae grâce à quelques paramètres morphométriques qui les caractérisent : la longueur de la tête et la hauteur du corps. L'étude morphométrique met en évidence une similitude morphométrique des espèces *S. pilchardus* et *S. aurita* ; et une discontinuité morphométrique assez prononcée surtout chez *S. aurita*. L'explication de la variabilité intraspécifique pourrait être expliquée par la région selon l'analyse biométrique ; la différence morphométrique selon le sexe paraît moins évidente et a été renforcée par la morphogéométrie. L'analyse morphométrique fait ressortir une séparation entre deux régions différentes (centre, ouest) de la même espèce (*Sardina pilchardus*), mais on remarque qu'il existe quelques individus qui ne correspondent pas au prototype standard de l'espèce qui affirme la discontinuité morphométrique, il y va de soit qu'une séparation entre les individus des deux espèces *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*.

Les résultats obtenus de l'analyse morpho-géométrique montrent une nette différence entre deux groupes pour chaque espèce. Un groupe englobant les populations de la région ouest, et un deuxième englobant la population de la région centre pour *S. pilchardus* et *S. aurita*, quant à elle, a montré un éloignement entre les deux sexes. Cette incohérence spatiale pourrait être expliquée par les conditions environnementales notamment la pollution et les conditions d'alimentation.

Nos résultats doivent être soutenus par des études génétiques qui trancheraient sur la question.

2.4. Caractères ostéologiques

Comme l'expliquent Boue & Chanton (1974) et Beaumont & Cassier (1976), c'est le crâne des téléostéens qui présente le maximum de complexité : nous esquisserons son organisation chez les espèces de Clupeidae.

2.4.1. Splanchnocrâne

2.4.1.1. Arc mandibulaire

L'arc mandibulaire est constitué de quatre pièces paires qui sont de l'avant vers l'arrière : prémaxillaire, maxillaire, dentaire et le carré (Fig.II.19).



Figure.II.19. Pièces de l'arc mandibulaire.

➤ **Prémaxillaire**

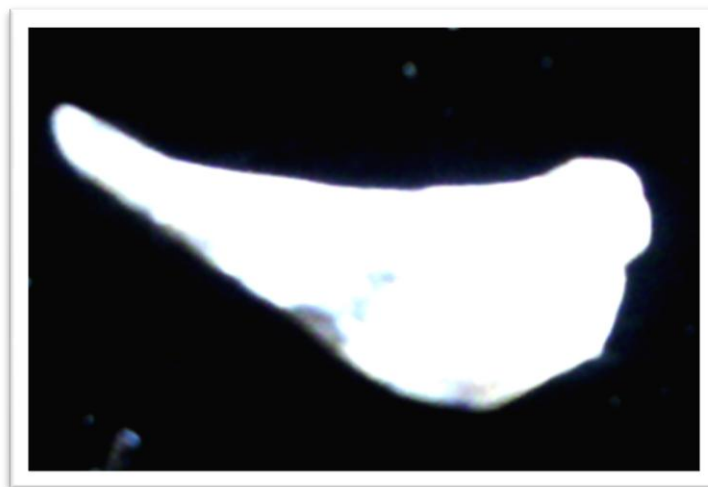


Figure .II.20. Prémaxillaire de *S. maderensis*

Les prémaxillaires, appelés quelquefois os incisifs, sont des os pairs situés à la partie antérieure de mâchoire supérieure. Cet os est irrégulier, ayant une forme d'une couronne, la base est médiale armée de dents, et forme en partie la paroi latérale de la cavité nasale ainsi que la paroi supérieure de la cavité orale. Cet ensemble se poursuit par l'os palatin.

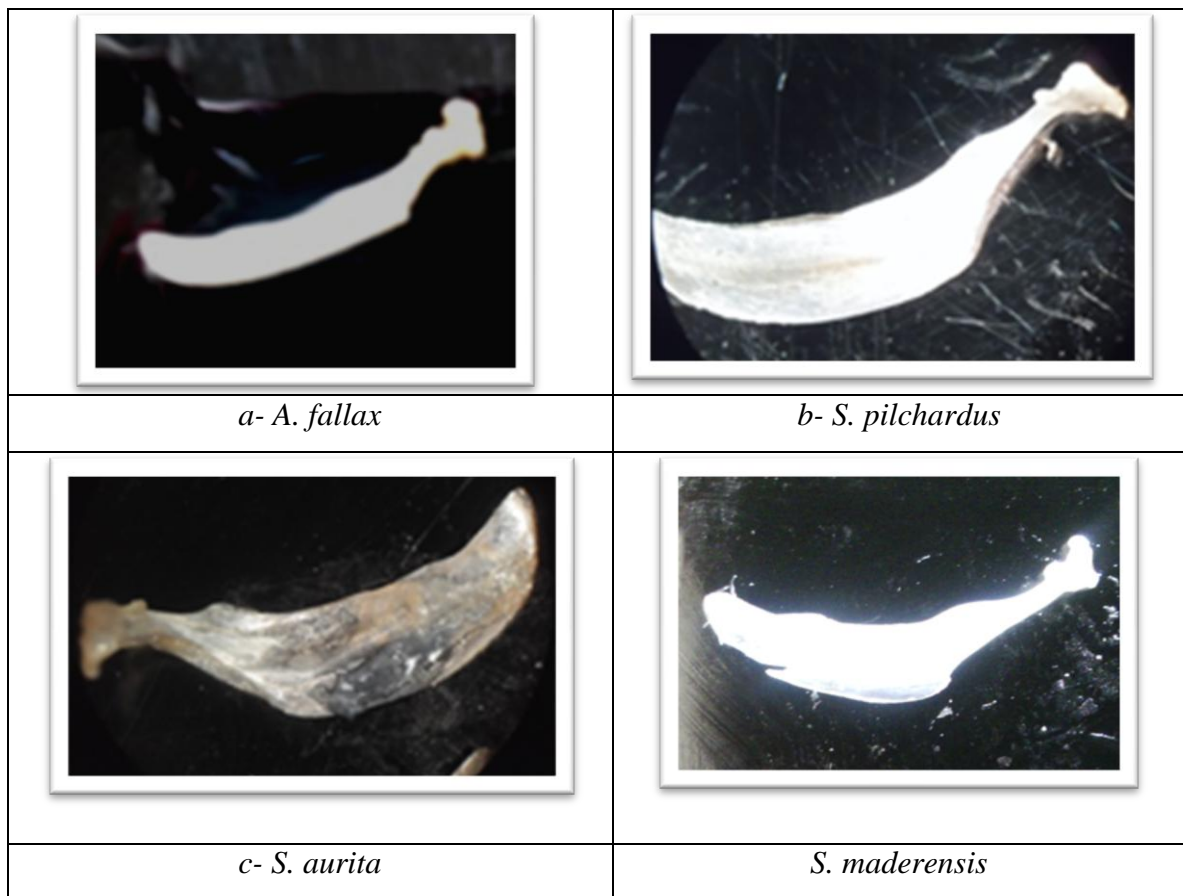
Cette pièce offre une particularité intéressante par le fait qu'elle présente une forte crête osseuse sur toute sa longueur chez Sardinelle.

Cette pièce n'a pas fait l'objet d'une comparaison interspécifique ni intraspécifique,

➤ **Maxillaire**

La comparaison des maxillaires des différentes espèces dénote que *A. fallax* a une configuration spéciale facilement reconnaissable, plus au moins rectangulaire avec des ondulations dès la partie supérieure, tandis que le maxillaire de *Sardina pilchardus* et *Sadrinalla aurita* sont plus au moins large présentant une dent dans la partie supérieure.

Sardinalle maderensis, quant à elle, est caractérisée par la présence d'une dente en sorte d'épine dans la partie inférieure de la pièce.



Figur II.21. Formes du maxillaire.

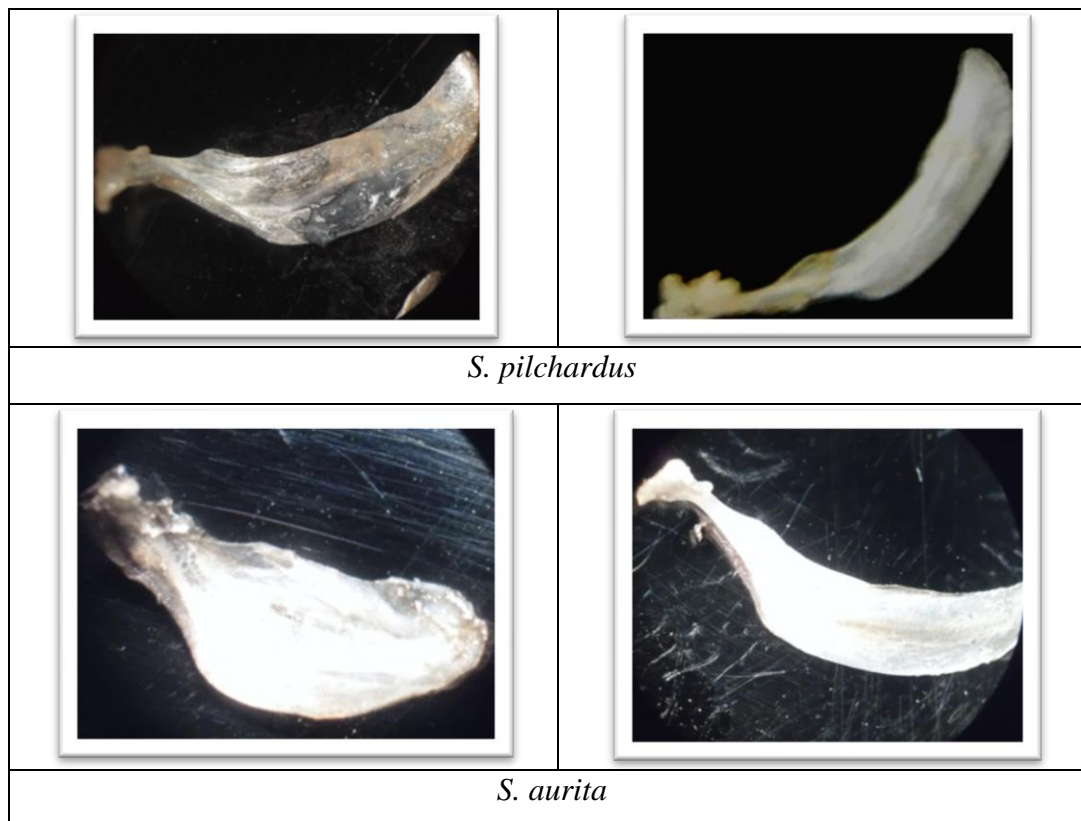


Figure.II.22. Comparaison intraspécifique du prémaxillaire.

La comparaison intraspécifique du maxillaire de *S. aurita* et de *S. pilchardus* montre une différence bien marquée au niveau de la largeur de la pièce par rapport à sa longueur. Cette remarque pourra être renforcée par l'ostéométrie (Fig.II.22.b).

➤ **Dentaire**

Une observation détaillée du dentaire montre que cette pièce est formée de deux parties partie droite, qui montre plusieurs configurations selon l'espèce et une autre partie présentant une forte épine développée à l'extrême gauche de la pièce ; il est à signaler que chez *Alosa Fallax* cette épine n'est pas très prononcée.

C'est la partie droite qui permet de différencier entre les différentes espèces à savoir : chez *S. pilchardus*, elle a une forme de losange avec quelques dépressions au niveau du bord inférieur et quelques petites dents dans le bord supérieur droit tandis que chez *Alosa Fallax* cette partie est étroite avec une base triangulaire.

S. aurita et *S. maderensis* quant à elles montrent une grande similitude ; en effet, la partie droite ressemble étrangement à une feuille.

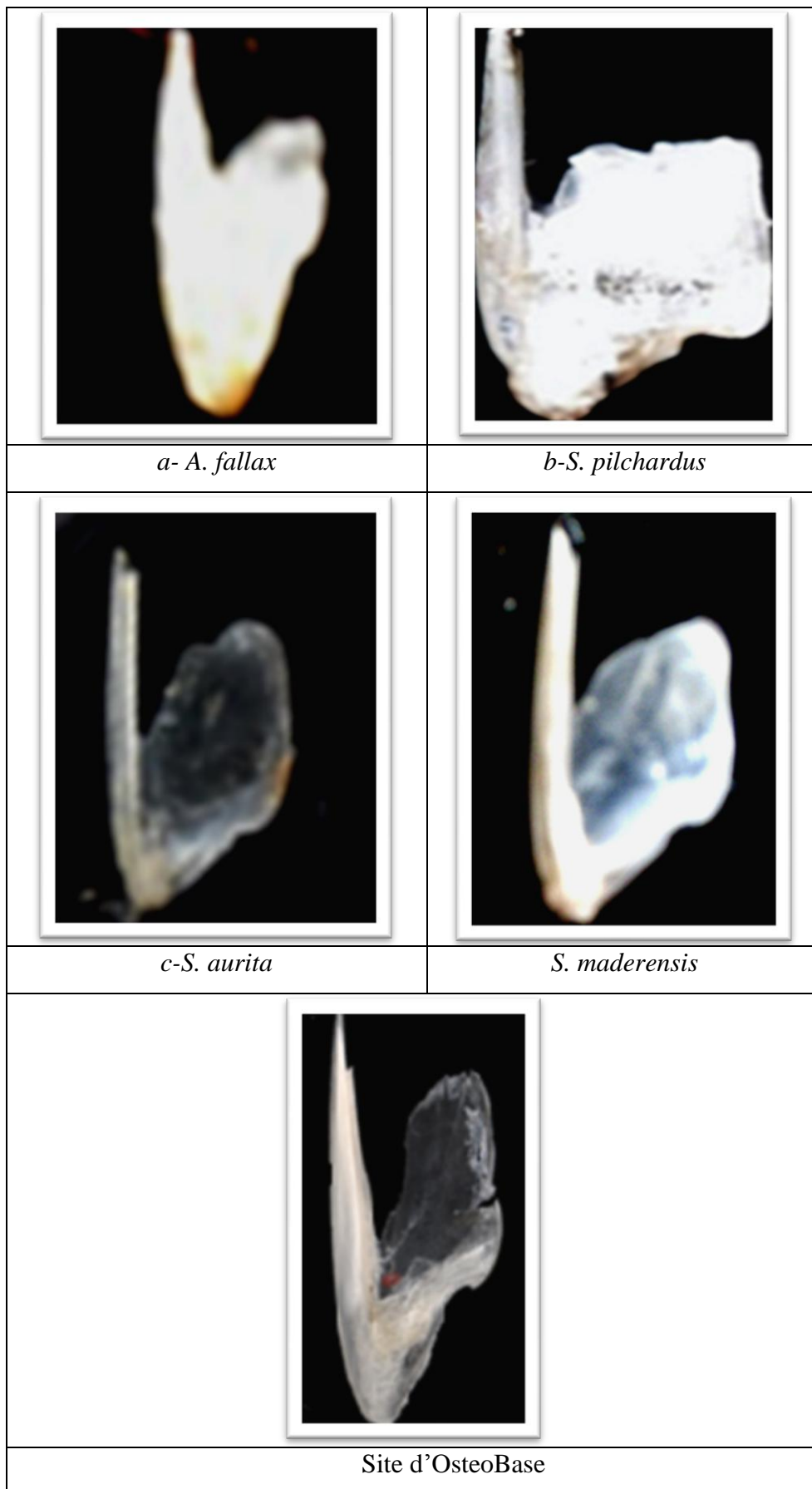


Figure.II.23. Comparaison interspécifique du dentaire.

➤ Carré

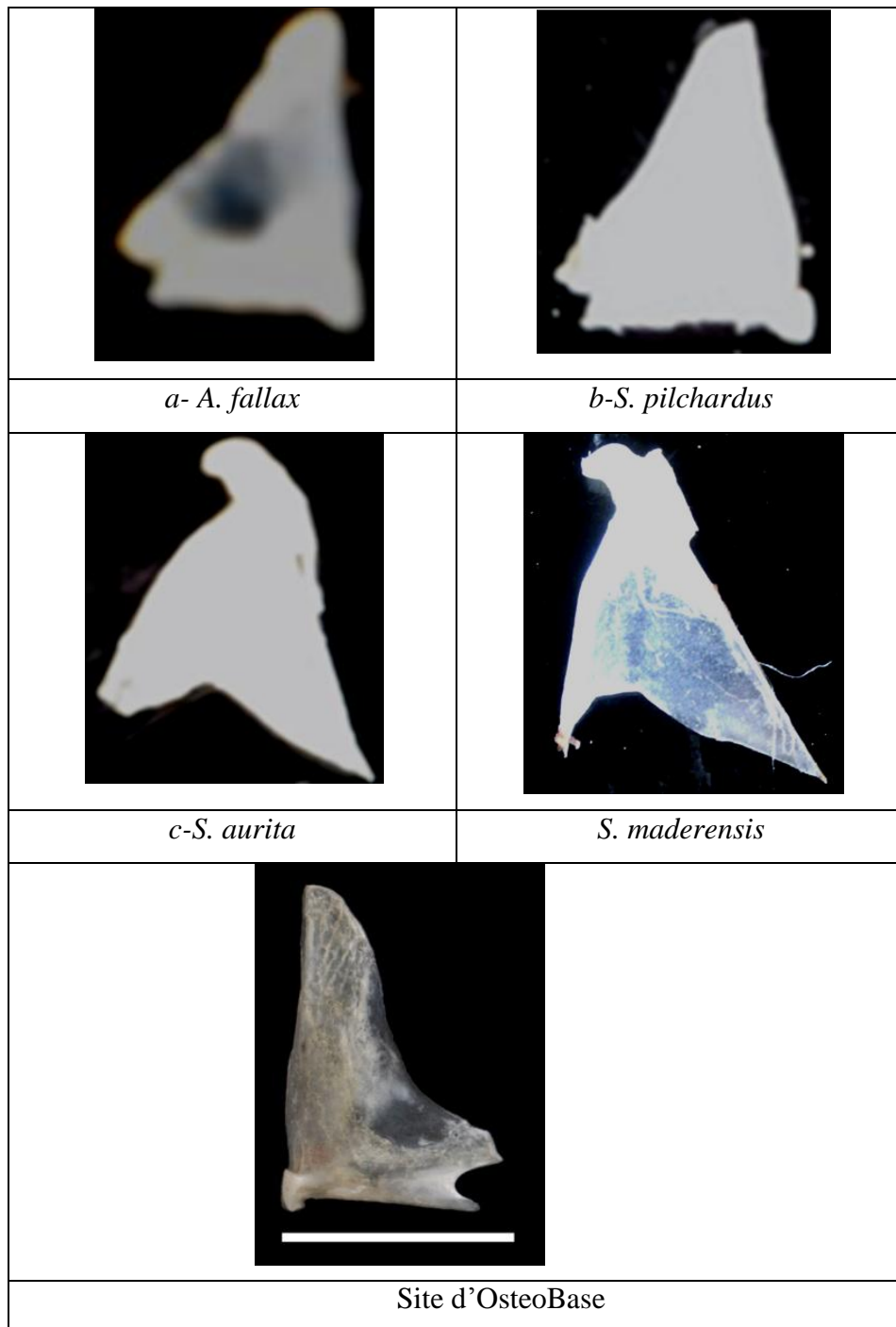


Figure.II.24. Formes interspécifique du carré.

Le schéma d'ensemble est presque le même avec des particularités pour chaque espèce, mais une observation plus détaillée nous a permis de faire les remarque suivantes :

- une forme triangulaire caractérise *S. pilchardus* et *A. fallax*.
- *S. aurita* et *S. maderensis* cette pièce a l'allure d'une aile de chauvesouris

2.4.1.2. Pièces operculaires

Ces pièces occupent les parties postérieures de la mâchoire et inférieure de l'orbite, couvrant les branchies.

Quatre pièces squelettiques constituent l'opercule : le post-operculaire, le sous-operculaire, le, l'operculaire, et le pré-operculaire.



Figure II.25. Les Pièces operculaires.

➤ Pré-operculaire

Le schéma d'ensemble est presque le même avec une forme rectangulaire avec des pores à sa partie supérieure, présentant un sillon sur la surface de la pièce et une expansion au niveau du bord supérieur droit; cette expansion forme une sorte de jonction entre le pré-operculaire et l'operculaire.

Quelques divergences sont notées au niveau de la forme de cette pièce squelettique ; à savoir chez *S. pilchardus*, l'extension observée à l'extrémité droite est bifide . *S. aurita* et *S. maderensis*, quant à elles, sont caractérisées par un bord gauche pointu.

L'analyse intraspécifique montre une certaine homogénéité de structure.



Figure.II.26. Forme interspécifique du pré operculaire.

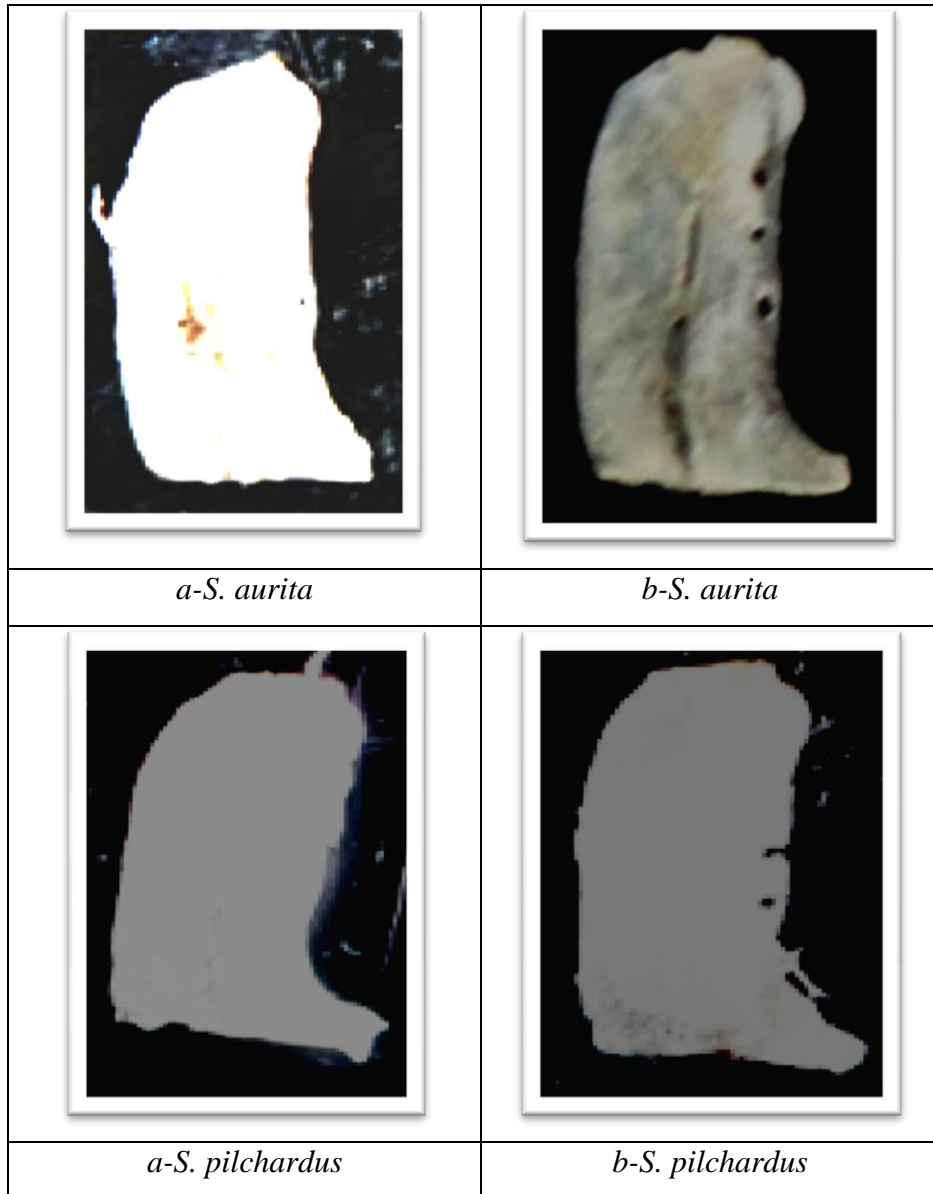


Figure II.27. Comparaisons intraspécifique du pré operculaire.

➤ **Interoperculaire**

C'est dans la partie inférieure, au niveau de la surface de la pièce et sur les côtés que se situent les différences entre les espèces ; en effet, la forme légèrement arquée de cette pièce montre des particularités qui nous permettent de les différencier.

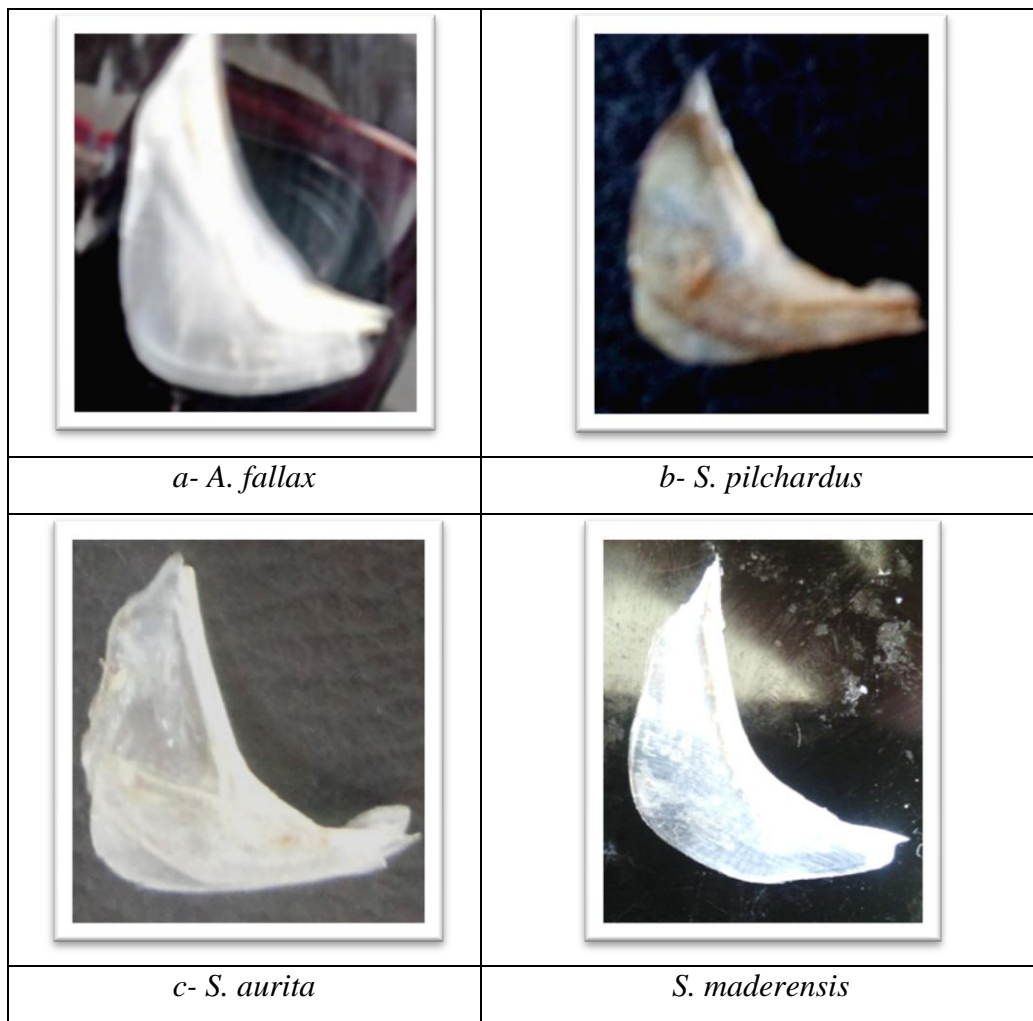


Figure.II.28. les Formes interspécifique de l'interoperculaire.

-L'analyse intraspécifique (Fig. II.29) dénote une grande variabilité au sein de l'espèce.

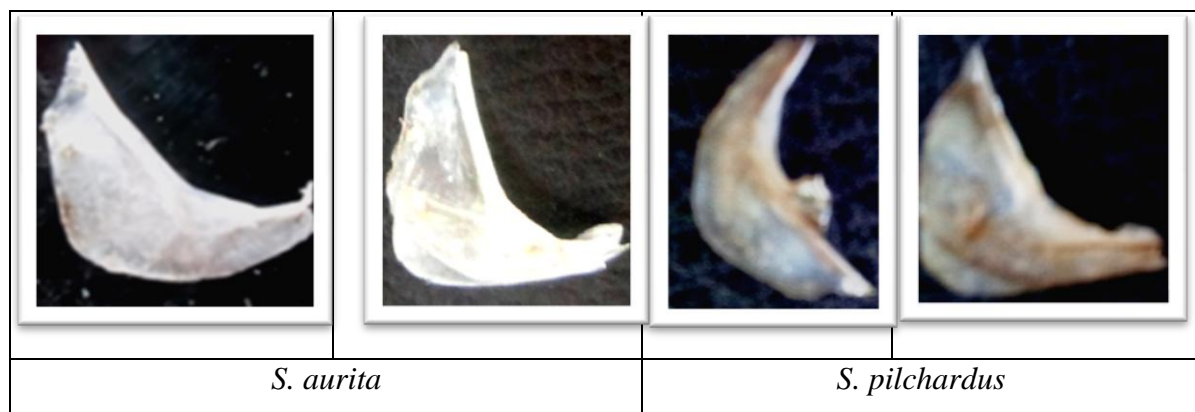


Figure II.29. Comparaison intraspécifique de l'inter operculaire.

➤ **Operculaire**

Le schéma d'ensemble est presque le même, il ressemble étrangement à une aile de papillon. La comparaison interspécifique a permis de relever des particularités pour chaque espèce :

A. fallax, *S. aurita* ont une partie supérieure triangulaire avec une petite dent dans la partie droite, la différence entre les deux espèces se situe dans la partie inférieure ; en effet, elle est rectiligne chez *S. aurita*.

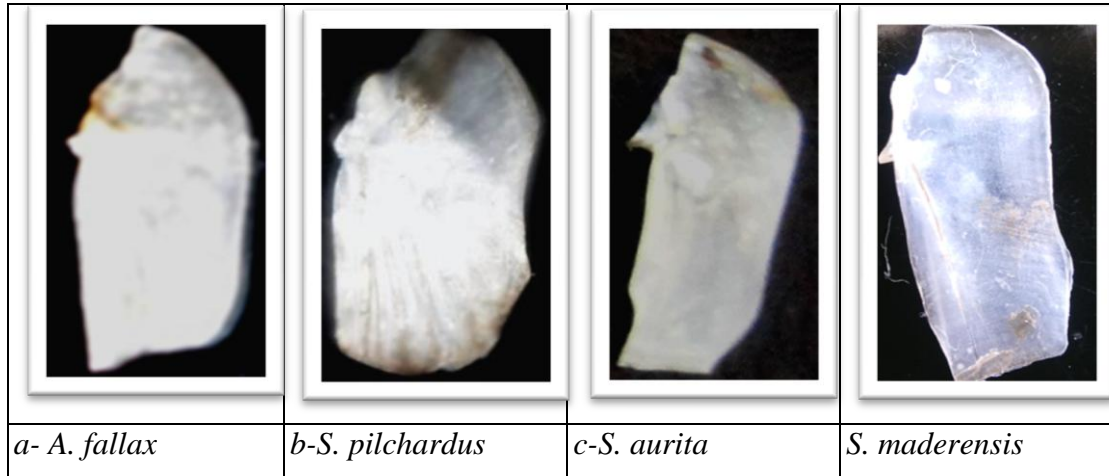


Figure II.30. Comparaison interspécifique de l'operculaire.



Figure II.31. Comparaison intraspécifique de l'operculaire.

La comparaison intraspécifique de l'opercule montre une hétérogénéité de forme en générale, cette variabilité est très prononcée chez *S. aurita* (Figure II.31.).

➤ **Sous-operculaire**

Le schéma d'ensemble est presque le même, il a la même configuration du pré operculaire ; quelques divergences sont notées au niveau des bords supérieur et inférieur,

de l'angle supérieur droit et du côté gauche de la pièce. Cette pièce caractérisée par une forme rectangulaire dotée d'un bras plus au moins développé au bord supérieur droit.

Une variabilité intraspécifique a été observée chez *S. pilchardus* (Figure.II.33).

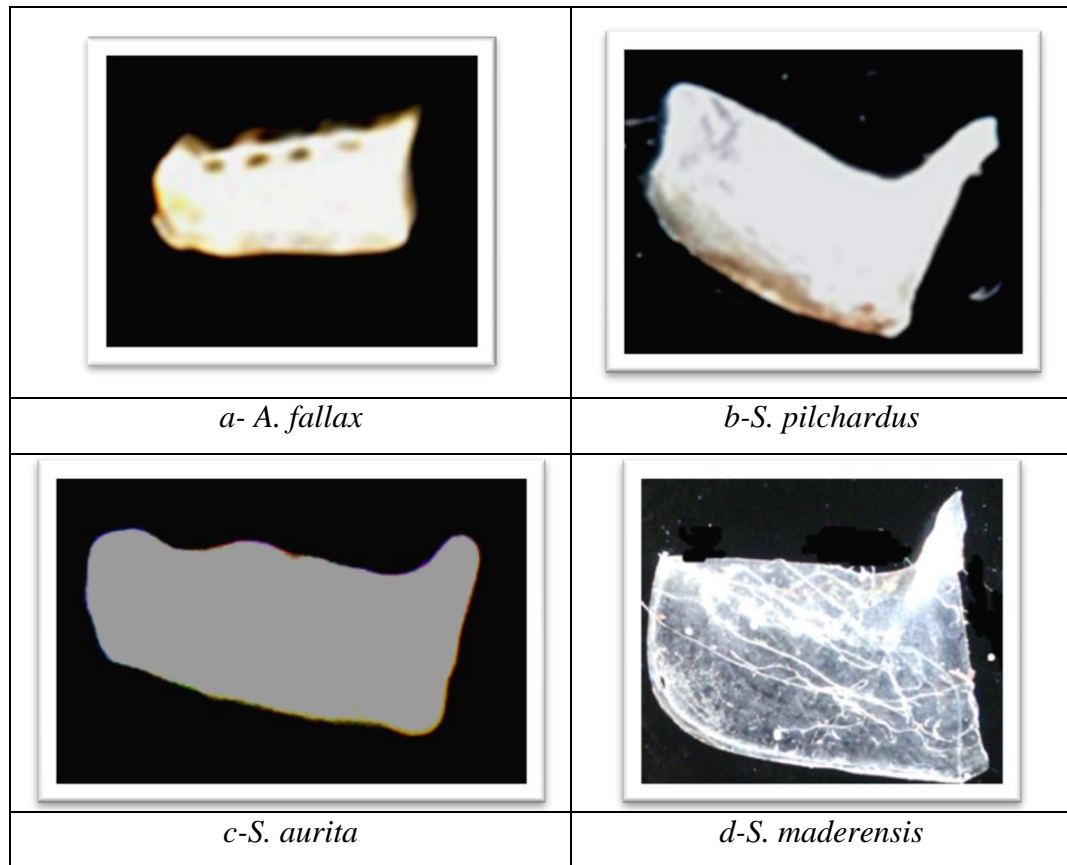


Figure.II.32.Forme interspécifique de sous-operculaire.

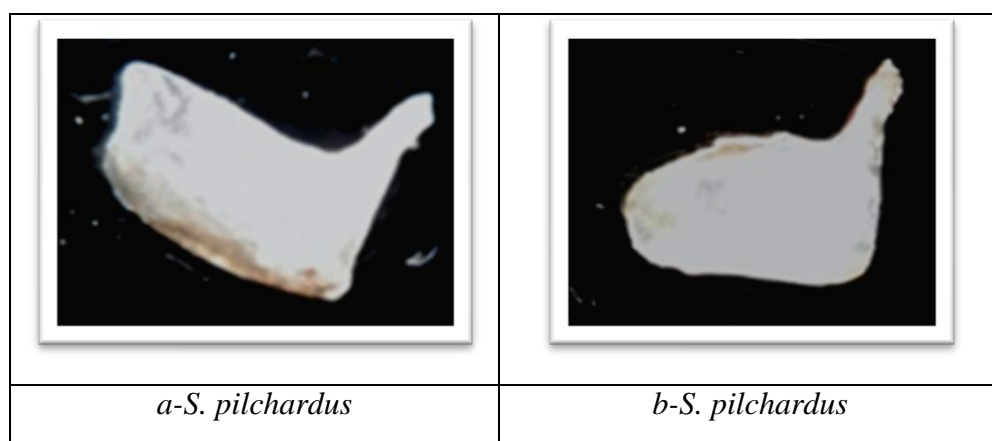


Figure.II.33.Comparaisons intraspécifique de sous-operculaire.

2.4.1.3. Arc hyoïdien (Hyomandibulaire)

Le schéma d'ensemble est presque le même avec des particularités pour chaque espèce Figure II.34 en effet cette pièce présente deux bras, un très développé, tandis que le deuxième est droit chez *A. fallax*, arqué chez les autres.

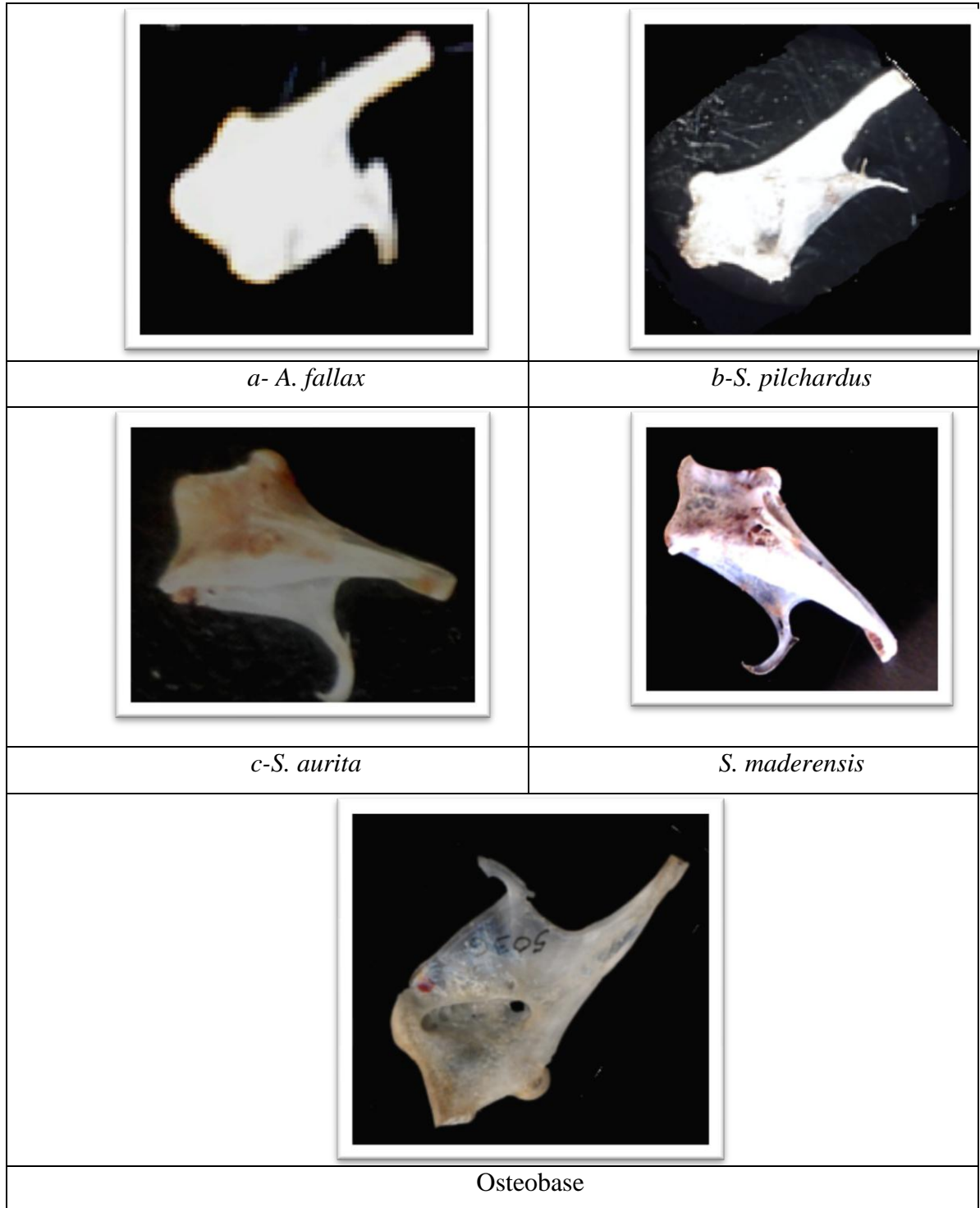


Figure.II.34.Formes interspécifique de l'hyomandibulaire.

C'est *S. aurita* qui présente une variabilité intraspécifique importante (Figure.II.35) ; la différence entre ces pièces la première pièce se situe dans la forme générale de la pièce, sa surface et le degré de développement des bras.

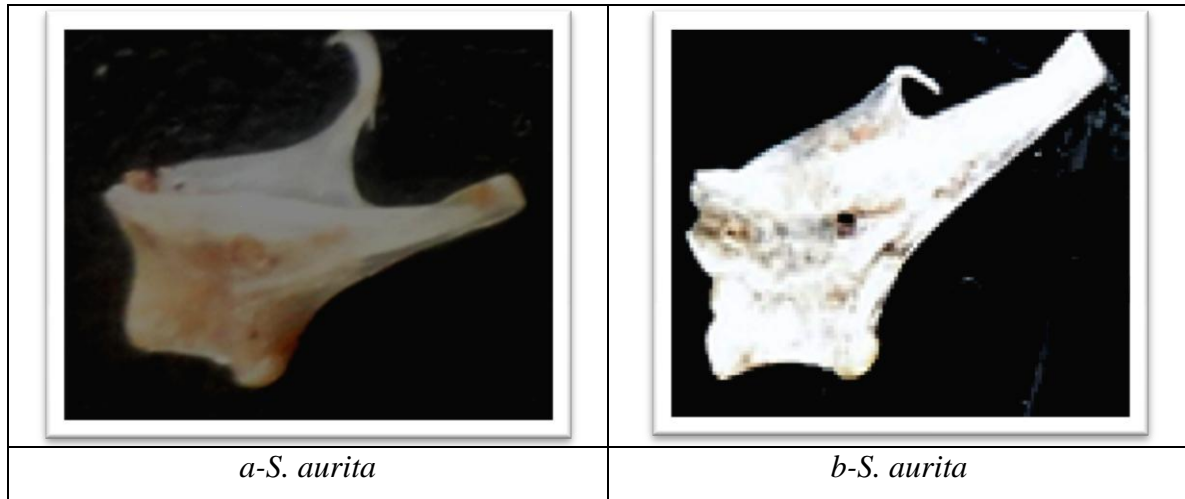


Figure. II.35. Comparaison intraspécifique de l'hymandibulaire.

2.4.2. Neurocrâne

La description est basée sur de nombreuses comparaisons faites à partir des pièces osseuses appartenant aux côtés droit et gauche du neurocrâne ; il en résulte une symétrie qui fait ressortir une pièce centrale impaire: le mésethmoïde.

Les pièces paires correspondent aux frontaux, aux pariétaux, et aux exo occipitaux.

2.4.2.1. Voûte

➤ Comparaison de la face dorsale du neurocrâne

Si on observe la face dorsale qui fait référence à la planche,

- Les deux expansions latérales situées à l'avant et qui correspondent sont observé chez toutes les espèces étudiée sauf chez *S. aurita* (Figure .II.36.).

➤ Pièces constitutives de la voûte

Afin de savoir dans quelles mesures les différentes parties du neurocrâne peuvent être considérées comme étant différentes et caractéristiques, il s'avérait nécessaire de comparer les pièces osseuses présentant des particularités assez marquées, ce sont : les pariétaux, les frontaux et les exo occipitaux (Figure .II.36).

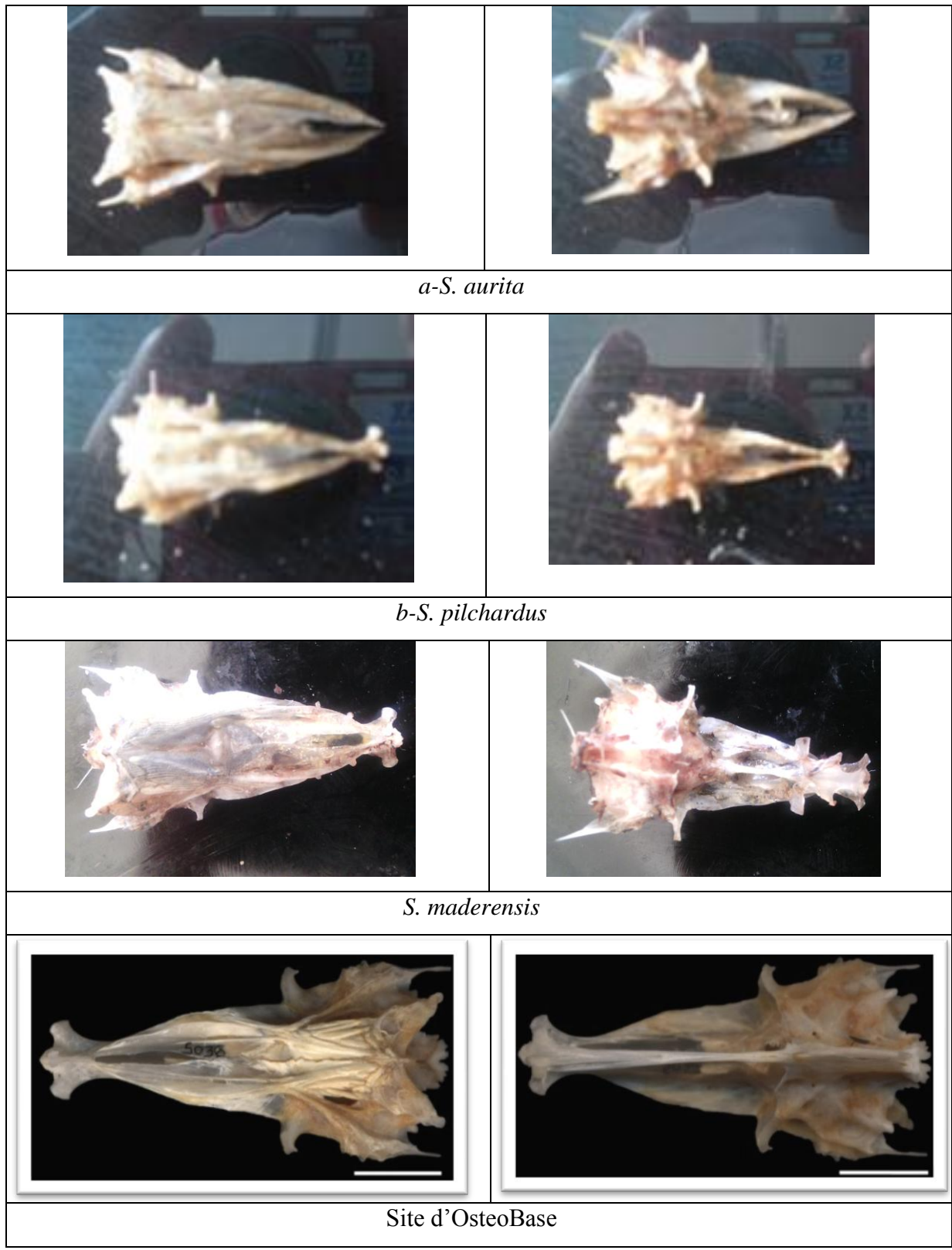


Figure .II.36. Comparaisons interspécifique du neurocrâne.



Figure II.37. Les pièces de la voûte.

La désarticulation de ces pièces squelettiques céphaliques nous amène à analyser la structure de la pièce d'une façon plus détaillée. Ainsi, plusieurs structures squelettiques apparaissent bien adaptées à une identification sûre et certaine.

2.4.2.2. Plancher

Pour l'étude comparative, à l'opposé de la voûte, les trois pièces du plancher ont été désarticulées. Une remarque s'impose au sujet du plancher et en particulier au niveau du vomer ; il est en effet aisé de voir que le vomer est la pièce la plus caractéristique vu qu'il possède des dents d'où le qualificatif de dents vomériennes.

De plus le vomer présente à peu près la même configuration de structure chez toutes les espèces si ce n'est l'absence d'expansions latérales dirigées vers l'arrière chez quelques individus

Par ailleurs, une divergence de forme touche également une pièce centrale qui est le parasphénoïde, c'est une pièce assez étalée présentant à ses deux extrémités supérieure et inférieure deux expansions latérales.

Quant au basioccipitale il ressemble étrangement à la pièce centrale (telson) de l'éventail caudal d'un crustacé et la différence entre les différentes pièces squelettiques se situe au niveau de la région antérieure.



Figure .II.38. Le plancher vu sous la loupe binoculaire.

Conclusion

Les Clupéidés sont constitués de petits poissons au corps oblong plus ou moins comprimé. Ils n'ont fait l'objet que de peu d'investigations dans le bassin algérien. Un problème relatif à la ressemblance morphologique de cette famille a toujours été posé. Notre travail s'est inspiré de cette problématique qui nous a amené à aborder le problème de la comparaison intra et interspécifique de l'analyse des caractères morphologiques, méristiques, morphométriques ; et ostéologiques. Il s'avérait important de déterminer la liste exhaustive des espèces de Clupeidés capturées par tous les types d'engin de pêche et provenant de toute la région : *Alosa fallax*, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita* et *S. maderensis*.

La problématique de cette famille résulte des confusions qui apparaissent entre les espèces : la sardine peut être confondue avec les jeunes aloses, du fait de son opercule strié. Elle s'en distingue par les deux derniers rayons de sa nageoire anale qui sont plus longs que les autres et par l'extrémité postérieure de sa bouche située en avant de la verticale passant par le centre de l'œil. Ainsi que l'échancrure au niveau du museau chez *A. fallax*.

Nous avons tenté de décrire la variabilité morphologique intraspécifique observée chez l'espèce de *S. pilchardus* cette dernière montre deux formes ; la présence d'une ligne ou deux lignes des tache noire sombres tout au long de la ligne latérale.

L'étude méristique met en évidence une variabilité intra et inter spécifique assez prononcée au niveau du nombre de vertèbres, de branchiospines, et des rayons des nageoires.

L'examen morphométriques via l'analyse en composantes principales sépare nettement les espèces de *Clupéidés*, mais elle révèle une grande similitude entre *S. aurita*, et *S. pilchardus*, et une nette discrimination des autres espèces. De même l'ACP affirme l'observation morphologique met bien en évidence une variabilité intra spécifique des Clupeidae.

Il nous a été difficile de séparer entre ces deux espèces grâce à quelques paramètres morphométriques qui les caractérisent : la hauteur du corps, sa largeur le diamètre oculaire ...etc. Néanmoins, il convient de souligner que la longueur de la tête qui caractérise chaque espèce.

Par ailleurs, les résultats obtenus par l'analyse morphogéométrique montre une différence entre les deux espèces, et mettent en évidence une discrimination entre les males

et les femelles de *Sardinella aurita* ainsi une nette distinction entre la sardine de l'ouest et celle du centre.

Une étude ostéologique a été également réalisée afin de compléter les études morphologique et morphométrique ; l'observation des pièces squelettiques a permis de se prononcer sur certains critères morphologiques : la forme de certaines pièces squelettiques, intra et interspécifique des constituants. On peut citer :

Le splanchnocrâne : les pièces operculaire, arc mandibulaire, arc hyoïdien ;

Le neurocrâne : La voûte et plancher.

Il y va de soi qu'il a fallu passer à l'observation macroscopique à la loupe binoculaire pour pouvoir se prononcer sur la forme de certaines pièces squelettiques, la disposition et la forme des pièces qui les constituent..

On constate que sur un schéma d'ensemble à peu près identique entre les différentes espèces, certains éléments présentent quand même des dissemblances de structures et de formes des pièces squelettiques assez marquées. Par ailleurs, l'étude ostéologique à elle seule, permet de séparer les différentes espèces.

Biologie

On attend de la biologie qu'elle rende intelligible l'aventure de l'espèce.

André Gernez

Croissance

Une croissance indéfinie est impossible, nous n'avons qu'une seule Terre, mais une civilisation du bonheur est possible. Les solutions existent, mais l'opinion les ignore car les structures actuelles et les détenteurs du pouvoir économique et politique s'y opposent.

René Dumont

Chapitre III : Biologie

La description de la biologie des espèces est une étape clé pour l'halieutique en effet, l'étude de la dynamique des populations nécessite des informations sur la croissance et la reproduction des espèces cibles.

Le présent chapitre a pour but de décrire et de quantifier la croissance des petits pélagiques ainsi de déterminer quelques paramètres de reproduction et d'estimer la fécondité absolue de trois espèces.

A. Age et croissance

1. Méthodes d'étude

1.1. Croissance linéaire

Le modèle mathématique de croissance individuelle élaboré par von Bertalanffy (1934) envisage la longueur corporelle en fonction de l'âge (Sparre et Venema, 1996).

L'étude de la croissance linéaire nécessite l'établissement d'une relation entre la taille, le poids et l'âge des poissons récoltés ; cette relation s'obtient par un modèle mathématique dont les paramètres nécessaires en dynamique des populations, sont déterminés par analyse de structures d'âge ou de taille.

Ce modèle est représenté par l'équation : $L_t = L_\infty (1 - \exp(-K (t - t_0)))$

L_t : Longueur du poisson au temps t

K : Coefficient de croissance

L_∞ : Longueur asymptotique quand t tend vers l'infini (taille asymptotique du poisson)

t_0 : appelé «paramètre de condition initial», détermine le point du temps ou le poisson à une longueur zéro. D'un point de vue biologique, cela n'a pas de sens, étant donné que la croissance commence à l'éclosion lorsque la larve a déjà une certaine longueur (Sparre et Venema, 1996).

Le besoin d'évaluation de l'âge individuel ressort de toute étude dynamique de populations de poissons. En effet, la connaissance de la clé taille-âge permet d'accéder aux paramètres de croissance qui seront inclus dans certains modèles analytiques de gestion des stocks.

L'analyse des structures d'âge tient compte d'une clé âge - longueur déterminée par méthode directe (étude sclérochronologique) ou indirecte alors que l'analyse des structures de taille permet la détermination des paramètres de croissance sans connaissance de l'âge.

Selon Bach & Chauvelon (1992), la détermination de l'âge des populations de vertébrés marins et de mollusques passe par l'étude des pièces dures ou des éléments squelettiques (sclérochronologie) exploitant ainsi la propriété d'enregistreur biologique qui caractérise les tissus durs et squelettiques de ces organismes.

La sclérochronologie est la science qui étudie les traits d'histoire de vie des animaux aquatiques (poissons, céphalopodes...) à partir de l'analyse de leurs pièces calcifiées (otolithes, statolithes, écailles, coquilles...) (Nasreddine, 2010). Chez les poissons, elle est réalisée à partir de plusieurs de ces tissus (écaille et otolithe pour les poissons osseux, vertèbre, rayon épineux des nageoires, opercule...) qui présentent des marques (périodiques ou non) de ralentissement de croissance (annuli) pouvant être utilisées pour estimer l'âge (Bach & Chauvelon, 1992).

Issue d'une étude sclérochronologique, la clé taille-âge nécessaire à la modélisation de la croissance et à l'évaluation des stocks peut être établie de deux manières :

(1) détermination de l'âge de chacun des individus examinés pour l'associer à sa taille.

(2) Détermination de la relation entre la taille du poisson et la taille de la pièce osseuse, d'une part ; d'autre part, la date de formation des annuli. A partir du rétrocalcul, on pourra prédire les tailles de l'individu étudié associées aux différents annuli observés.

Dans ce présent travail, l'âge est déterminé par otolithométrie, cela, nous n'a pas été aisée (difficulté de prélèvements, fragilité des pièces et surtout de lecture).

1.1.1. Description des otolithes

Otolithes, du grec oto : l'oreille et lithos : la pierre (Riou, 2009), signifie littéralement pierre d'oreille, il s'agit bien de "pierre" et non d'os (Nasreddine, 2010). Ce sont des concrétions calcaires présentes dans l'oreille interne des poissons osseux qui existe chez tous les vertébrés Gnathostomes, fonctionne à la fois comme un système auditif qui détecte les ondes sonores et comme un système vestibulaire qui détecte la situation spatiale et les mouvements du poisson pour maintenir son équilibre dans l'eau (Panfili *et al.*, 2002).

Elles sont au nombre de trois, sagitta, lapilus et asteriscus. Dans la littérature, le terme otolithe est souvent utilisé pour décrire une seule des trois paires, généralement la paire de sagittae [Panfili *et al.*, 2003].

La sagitta est dans la plupart des cas, la plus grosse des 3 pièces calcaires mais aussi la première à apparaître lors de la formation de la larve. C'est pourquoi elle est très généralement utilisée pour les analyses (Panfili *et al.* 2002).

Tel décrit par Riou (2009), l'otolithe croît à la manière d'un bulbe d'oignon : à partir d'un primordium secrété par l'oreille interne pendant l'ontogenèse (avant l'éclosion), des couches successives de protéines et de carbonates de calcium sont additionnées successivement sur la surface du primordium selon une épaisseur et une régularité variables (Radtke & Dean 1982; Camapana & Neilson 1985; Camapana *et al.* 1987; Tresher *et al.* 1989; Lecomte-Finiger 1999).

Les otolithes sont riches en résidus d'aspartate et de glutamate (Degens *et al.* 1969; Lecomte-Finiger 1992; Gauldie 1993; Gauldie *et al.* 1993 *in* Riou, 2009). Ils sont constituées de cristaux d'aragonite, une forme cristallisée de carbonate de calcium, insérés dans une matrice organique composée majoritairement d'une protéine proche de la kératine, ils peuvent parfois être synthétisés sous forme de calcite (Morales-Nin 1985 *in* Riou, 2009) ou de vatérite (Gauldie 1990 b, a *in* Riou, 2009).

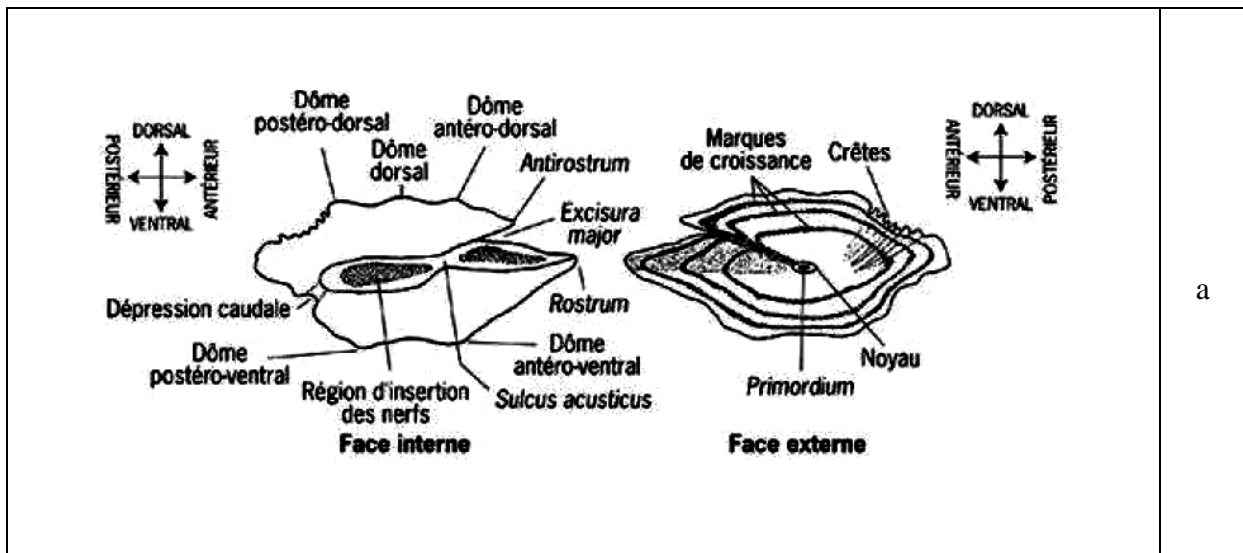
Ce cristal d'aragonite est métaboliquement inerte (Simkiss 1974; Mugiya 1984) et non sujet à la résorption tout au long de la vie du poisson (Camapana 1983; Campana & Neilson 1985), sauf en cas de stress extrême (Mugiya & Tanaka 1989), ce qui lui confère des propriétés très intéressantes pour l'étude de la chronologie du poisson. De ce fait, les otolithes sont plus durs et moins altérables qu'aucune autre pièce squelettique, de telle sorte que dans les strates géologiques, sur les sites archéologiques et dans les contenus stomacaux des prédateurs, les otolithes servent comme précieux outils à une reconnaissance ou une identification des espèces de poissons (Gaemers, 1988 et L'abee-Lund, 1984 *in* Nasredinne (2010).

La forme générale de la Sagitta (contour, convexité et ornementation) est caractéristique de l'espèce ; généralement elles sont ovales ou elliptiques, plus ou moins allongées avec une face externe légèrement convexe et une face interne concave. Leur couleur est plus souvent blanchâtre ; d'une épaisseur qui diffère d'une espèce à une autre mais relativement mince chez les jeunes, l'otolithe présente deux extrémités : une antérieure effilée

et pointue appelée rostre, avec latéralement l'antirostre (fig.III.1), l'autre postérieure légèrement arrondie. En effet, un otolithe constitue la pièce d'identité d'un poisson.

Les otolithes montrent une série de structures d'accroissement qui se forment régulièrement sur une échelle de temps s'étalant d'un rythme journalier à un rythme annuel (Panfili *et al.*, 2002). Ces formations ostéologiques enregistrent les variations saisonnières ou annuelles de croissance sous forme de bandes étroites hyalines hivernales et de bandes larges et opaques estivales résultant de la vitesse de croissance en lien avec la quantité de matière organique déposée, ils sont ont été décrits comme archive individuelle (Nasreddine, 2010), véritables boîtes noires (Lecomte-Finiger, 1999) ou CD-ROM (Radhakrishan *et al.*, 2009) des poissons vue la capacité qu'ils ont par modification de leur structure à mémoriser l'activité métabolique, reflet des phénomènes de croissance et d'événements relatifs au cycle vital (éclosion, métamorphose, reproduction. . .) ou d'ordre éco-physiologiques (stress divers).

les otolithes sont devenus la matière privilégiée dans la détermination de l'âge des poissons pour deux raisons principales à savoir leur nature acellulaire (non sujettes à la résorption) et leur croissance continue durant le cycle vital du poisson (Nasreddine, 2010).



a

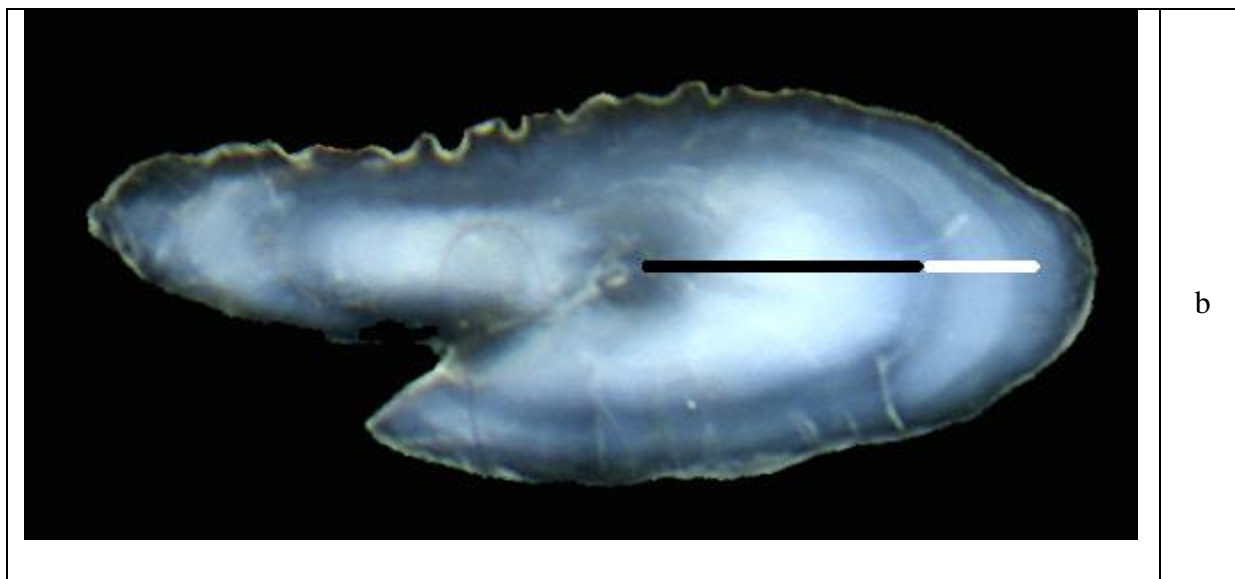


Figure III.1. a-Faces interne et externe d'une sagitta typique de côté droit (Riou, 2009), b- Otolithe de *S. pilchardus* sous une loupe (originale).

- **Préparation et observation des otolithes**

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la lecture des otolithes, Dans cette étude nous avons travaillé sur les otolithes entiers, c'est la méthode la plus utilisée, car, fiable et rapide : l'otolithe entier est placé avec la face concave orientée vers un scanner à haute résolution.

- **Problèmes rencontrés**

Il est parfois très difficile, voire impossible, d'observer des structures qui pourraient correspondre aux stries annuelles sur les otolithes.

La précision de la première année d'âge est en lien direct avec la délimitation du nucléus et du premier anneau annuel. Donc l'examen des otolithes extraits de petits individus qui n'ont pas encore passé le premier hiver ou le premier été, nous permet de délimiter et donc d'identifier le premier anneau annuel.

Selon Bouchereau (1981), Djabali *et al.* (1989) et Tomasini *et al.* (1989), la période de reproduction maximale de la sardine est en hiver, saison du minimum d'upwelling et production minimale de zooplancton. Elle est faible en été, la saison d'upwelling maximale et la production maximale de zooplancton (Amenzoui *et al.*, 2004).

Cette information est très importante dans l'étude de la croissance, elle nous a permis de considérer le 1er janvier comme la date de naissance ; Ainsi, le premier anneau de

croissance, correspondant à la première année, est constitué par une zone hyaline suivie d'une zone opaque qui le délimite. L'âge du poisson est donc déterminé par le nombre de zones opaques, pour attribuer un âge à un poisson.

La période de ponte est située entre juin et août pour *S. aurita* (Bouaziz, 2007), tandis qu'elle printanière pour *B. boops* (Kherraz, 2011) et *T. trachurus* (Zeghloul, 2013), raison pour laquelle on a retenu le premier juillet comme date de naissance ; ainsi, le premier anneau de croissance, correspondant à la première année, se trouve constitué par une zone hyaline suivie par une zone opaque qui le délimite. L'âge du poisson est donc déterminé par le nombre de zones opaques.

Signalons qu'en fonction de l'âge, les zones opaques deviennent de plus en plus étroites alors que les parties hyalines conservent, dans la majorité des cas, la même largeur. Pour les anneaux périphériques des otolithes d'individus âgés, ces zones (opaques et hyalines), de largeur à peu près égale, deviennent progressivement très étroites et irrégulières.

De ce fait, la difficulté de lecture de ces anneaux ne permet pas une détermination précise de l'âge de ces individus, pour cela, nous avons opté pour le comptage des zones hyalines qui dans un premier temps, donne l'âge du poisson en hivers, l'âge est ensuite ajusté à la date de naissance estivale et à la date de capture.

Les précisions possibles sont variables, dépendant de toutes informations sur la période et la durée de ponte ainsi que la date de naissance choisie, mais la notion de groupe d'âge aide à lever quelques doutes. Dans le présent travail, c'est la technique de TNPC qui est appliquée pour estimer l'âge.

- **Interprétations des structures**

Selon Mahé *et al* (2009), pour attribuer un âge à l'individu, il s'avère nécessaire de consigner les informations suivantes: date de capture, date de naissance individuelle, marques de croissance considérées et la nature du bord de la pièce calcifiée.

Si la période de reproduction se situe du printemps à l'automne, le centre de l'otolithe est composé de matière opaque correspondant à une zone de croissance autour du nucleus, du début de la vie du poisson jusqu'à la fin de l'automne ou début de l'hiver. Puis des matières translucides sont déposées durant l'hiver.

Si le bord de la pièce calcifiée est opaque, nous le considérons comme une zone de croissance opaque si le poisson est capturé au premier semestre.

La lecture directe a été réalisée par la méthode de l'imagerie numérique à Annaba, grâce au logiciel TNPC, dédié au Traitement Numérique des Pièces Calcifiées (TNPC). Ce système d'estimation de l'âge assisté par ordinateur a été développé par l'IFREMER en collaboration avec la société Noesis (<http://www.ifremer.fr/lasaa/TNPC>). Il est utilisé pour l'acquisition et l'interprétation des structures de croissance et leur stockage (Boufersaoui, 2016).

Selon Boufersaoui (2016) Cette méthode est un Système d'acquisition automatisée, consiste à placer les otolithes entiers et orienter leur face vers scanner professionnel de type Epson pro V750 en lumière réfléchiée (Oudard *et al.*, 2012 *in* Boufersaoui, 2016). les images de pièces calcifiées sont directement réalisées à l'aide du logiciel TNPC et stockées par échantillon dans une base Access.

L'estimation de l'âge est réalisée par le lecteur à l'aide de radiales (Fig-.III.2) qui est intégrées directement dans la base d'images créée précédemment. Chaque radiale est enregistrée avec 3 fichiers (rad, pro et iid), ce qui permet de pouvoir extraire les distances entre le nucleus, les anneaux de croissance et le bord de l'otolithe.

les images étudiées et les données associées (paramètres biologiques et interprétation des structures de croissance) sont sauvegardées ce qui permet un archivage sans perte de qualité contrairement peut-être à celui des pièces calcifiées ainsi que l'obtention des aides à l'interprétation des structures de croissance avec la loi de croissance observable sur une pièce calcifiée selon la position des anneaux qui est comparée à celles des autres pièces calcifiées déjà interprétées et avec la position des anneaux sur l'échelle de gris le long de la radiale (Mahé *et al.*, 2009)

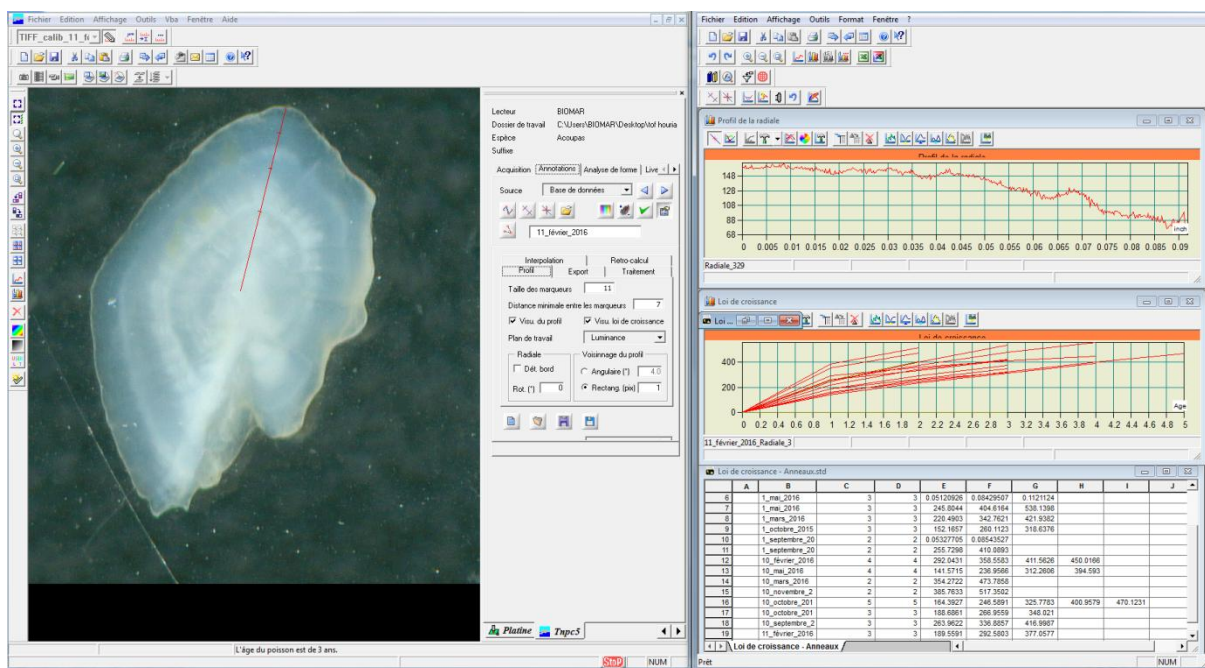


Figure III.2. Lecture des otolithes à l'aide du logiciel TNPC.

1.1.2. Détermination des paramètres de croissance

Les paramètres de croissance linéaire de l'équation de von Bertalanffy ont été réalisés à l'aide du package fishmethods (Nelson, 2014) sur le logiciel statistique R (R 3.1.2).

1.2. Croissance relative

Chez un même individu, à partir de la relation taille-poids et de la croissance en longueur, il est possible d'estimer la croissance pondérale chez les poissons (*in* Harchouche, 2006) et d'établir certaines relations entre deux grandeurs mesurables du corps permettant de comparer leur croissance et de passer d'une dimension à une autre.

1.2.1. Relations biométriques

L'étude biométrique consiste à choisir la droite d'ajustement qui représente, le mieux possible, le nuage de point obtenu à partir des deux dimensions étudiées. Pour des mesures de même unité, le coefficient b de la relation : $y = bx + a$, détermine le type de la relation.

Si : $b = 1$: Isométrie $b > 1$: allométrie majorante $b < 1$: allométrie minorante. Selon Boufersaoui (2016), cette étude a pour but la conversion d'une dimension en une autre.

À partir des mensurations effectuées, nous avons utilisé un ajustement de type moindre carré pour le calcul de la droite de régression, de la relation longueur totale-longueur standard, ceci pour les deux sexes ainsi que les sexes confondus. Les variables mises en jeu sont:

- longueur totale – longueur standard (LT – Ls),
- longueur totale – longueur à la fourche (LT – Lf),
- longueur totale – longueur de la tête (LT – Lt),
- longueur totale – hauteur du corps (LT – Hc).

1.2.2. Relation taille-poids

La relation taille-poids du poisson est donnée par l'expression suivante : $WT = a LT^b$, où WT est le poids total, LT est la longueur totale, a est une constante fonction des unités utilisées et b représente le coefficient d'allométrie. Par une transformation logarithmique, l'équation linéarisée se présente sous la forme : $\ln WT = b \ln LT + \ln a$.

Suivant la valeur de b, trois cas se présentent :

- b égale à 3, la croissance est dite isométrique; les deux variables WT et LT ont le même taux de croissance, le poids croit alors comme le courbe de la taille du poisson,
- b est inférieur à 3, l'allométrie est minorante ; le poids croit relativement moins vite que la longueur.
- b est supérieur à 3, l'allométrie est majorante ; le poids croit plus vite que la taille de l'individu (*in* Harchouche, 2006).
- Le test t a été utilisé pour déterminer si la pente calculée était significativement différent de 3 en utilisant l'équation décrite par (Schwartz ,1992 in Bouaziz, 2007) :

$$| \epsilon_{cal} | = P - P_0 / SP_0$$

$$S^2 P_0 = (Sy/Sx)^2 - P_0^2 / n - 2$$

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

SP_0 = écart-type de la pente calculée ; n = nombre de couples de valeurs ; et

Sx = écart-type de LT ; Sy = écart-type de WT (avec d.d.l. = n – 2 et $\alpha = 5 \%$)

Si $| \epsilon_{cal} | < 1.96$: la différence n'est pas significative

Si $| \epsilon_{cal} | \geq 1.96$: la différence est significative.

1.2.3. Croissance pondérale

La combinaison de l'équation de croissance de von Bertalanffy $Lt = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$ avec la relation longueur-poids : $Wt = a Lt^b$ aboutit à l'équation de croissance pondérale de von Bertalanffy : $Wt = W_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})^b$ avec $W_{\infty} = a L_{\infty}^b$.

a et b sont les coefficients de la croissance relative entre le poids et la longueur.

WT, représente le poids total du poisson au temps t, K et t_0 sont respectivement le coefficient de croissance et l'âge auquel la taille est théoriquement

2. Résultats

2.1. Croissance linéaire

2.1.1. Distribution de tailles

Sur l'ensemble de 2502 individus de *Sardina pilchardus* récoltés, les tailles extrêmes échantillonnées s'échelonnent de 8.5 à 20 cm. La valeur modale est égale à 12.25 cm.

Chez *Sardinella aurita* le plus grand poisson rencontré mesure 28.8 cm, le plus petit est de 6.5 cm.

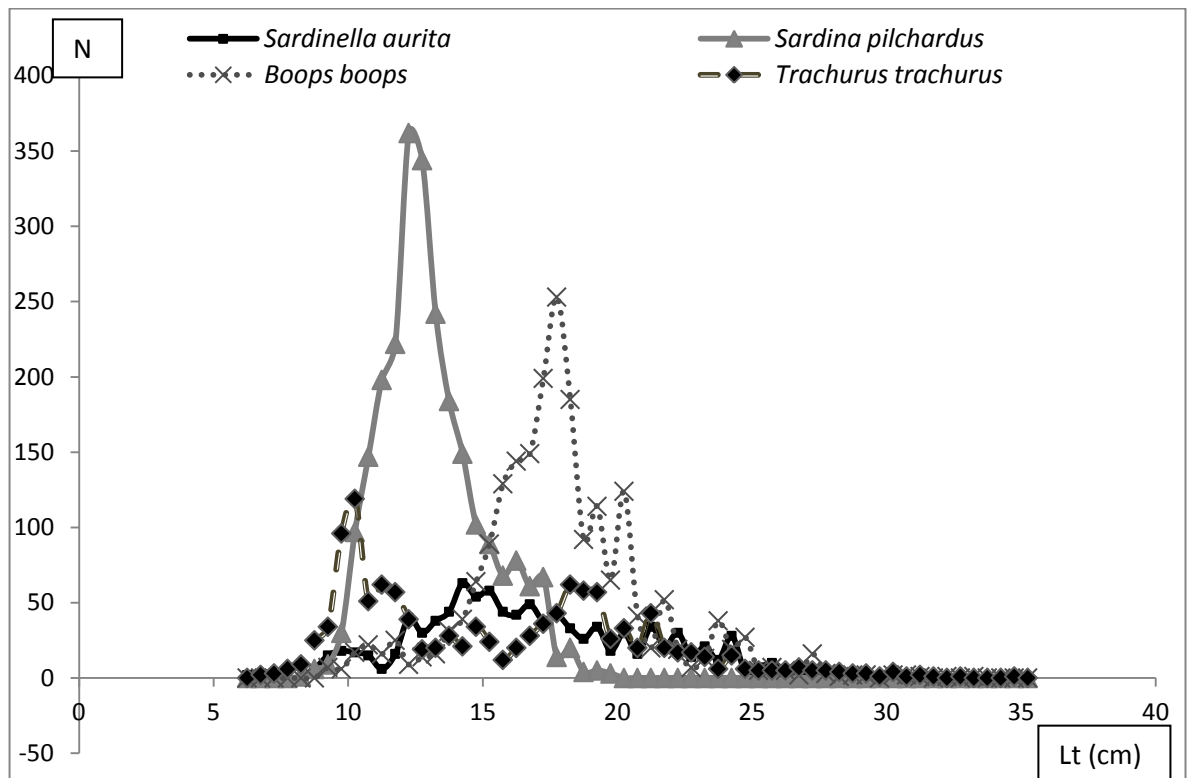


Figure.III.3. Distribution de taille des espèces de petits pélagiques capturées dans la région ouest du bassin algérien.

La bogue (*Boops boops*), les mesures effectuées oscillent entre 9 cm à 35 cm, tandis que les tailles de l'espèce *Trachurus trachurus* varient entre 6.6 et 35 cm avec un maximum de capture enregistré pour les tailles comprises entre 10 et 10.5 cm (Fig.III.3).

2.1.2. Clé âge-longueur

Sur l'ensemble de 1782 paires d'otolithes récoltés, seuls 1173 ont été lisible, ce qui donne un taux de lisibilité de 56.8 % (tab.III.1), la clé âge-longueur obtenue est donnée par le tableau III.2, cette dernière montre que six groupes d'âge sont rencontrés chez l'ensemble des individus traités. Pour l'ensemble des poissons, les tailles extrêmes de *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus*, *Boops boops* et *Trachurus trachurus* sont respectivement de 12.20 et 28.8 cm, 9.4 et 18.6 cm, 9.8 et 25.5 et de 6.9 et 26.8 cm, les plus abondants sont ceux âgés 3 ans

pour *Boops boops* et *Trachurus trachurus*, et 2 ans pour *Sardinella aurita* ; Tandis que pour *Sardina pilchadus*, l'âge 1 est le plus présenté.

Tableau.III.1. : Taux de lisibilité des otolithes par espèce.

	<i>Sardinella aurita</i>	<i>Sardina pilchadus</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Trachurus trachurus</i>	Total
Otolithes prélevés	347	470	409	556	1782
Otolithes lisibles	232	333	326	282	1173
Taux de lisibilité	66.9	70.9	79.7	50.7	65.8

2.1.2.1. Otolithométrie (lecture directe)

Les résultats de la clé âge longueur obtenus par la lecture directe des otolithes sont consignés dans le tableau III.2. Huit groupes d'âges ont été enregistrés pour *T.trachurus*, quatre pour *S. pilchardus*, six pour la sardinelle et neuf chez la bogue

Tableau III.2. Clé âge longueur obtenu par la lecture directe des otolithes

		Groupes d'âges	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Trachurus trachurus</i>	LT moyen (cm)		8.66	11.17	13.98	16.43	19.56	21.56	22.80	23.32	
	Ecart-type		0.79	1.74	2.68	3.49	1.80	1.90	2.50	2.34	

	Population	14	89	108	17	32	13	5	5	
<i>Sardina pilchardus</i>	LT moyen (cm)	12.62	14.08	16.69	17.69					
	Ecart-type	1.24	1.27	1.66	0.75					
	Population	215	87	15	16					
<i>Sardinella aurita</i>	LT moyen (cm)	12.44	14.98	18.01	21.10	22.40	23.12			
	Ecart-type	0.15	0.94	0.84	1.46	0.75	3.18			
	Population	5	144	36	35	7	5			
<i>Boops boops</i>	LT moyen (cm)	10.77	13.70	15.27	16.39	17.76	19.31	21.05	22.18	22.24
	Ecart-type	0.48	0.68	0.58	0.63	0.68	0.45	1.30	1.55	0.45
	Population	3	32	128	75	58	12	8	6	4

2.1.2.2. Otolithométrie (retro-calcul)

L'analyse des résultats de la clé âge longueur obtenue par le retro-calcul basé sur la lecture directe des otolithes fait ressortir le même nombre de groupes d'âge obtenu par la lecture directe ; une légère différence au niveau des longueurs moyennes relative à chaque groupe d'âge (Tableau III.3).

Tableau III.3. Clé âge longueur obtenu par le retro-calcul basé sur la lecture des otolithes.

	Groupes d'âges	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Trachurus trachurus</i>	LT moyen (cm)	9.911	12.305	14.300	16.169	17.986	19.659	21.786	23.024	
	Ecart-type	1.0317	0.8793	0.6085	0.3095	0.1087	0.0729	0.0315	0.0000	
<i>Sardina pilchardus</i>	LT moyen (cm)	11.057	13.054	14.906	16.184					
	Ecart-type	4.226	0.998	0.926	0.639					
<i>Sardinella aurita</i>	LT moyen (cm)	11.601	14.761	17.084	18.972	20.190	21.314			

	Ecart-type	0.473	0.383	0.261	0.238	0.352	0.000			
<i>Boops boops</i>	LT moyen (cm)	10.696	12.374	13.583	14.721	15.804	16.972	18.091	19.330	20.425
	Ecart-type	0.239	0.407	0.382	0.239	0.143	0.179	0.265	0.071	0.612

2.1.3. Détermination des paramètres de croissance

Les paramètres de croissance linéaire de l'équation de von Bertalanffy (Tab.III.4) ont été réalisés à l'aide du code fishmethods (Nelson, 2014) sur le logiciel statistique R (R 3.1.2 Language Environment, 2013).

Tableau.III.4. Paramètres de croissance obtenus par R

Espèces	Otolithométrie					
	lecture directe			retro calcul		
	L_{∞}	K	t0			
<i>Sardina pilchadus</i>	31.2708	0.1118	-3.5638	22.3612	0.2037	-2.3400
<i>Sardinella aurita</i>	28.8806	0.2278	-1.3930	24.4410	0.2805	-1.2959
<i>Boops boops</i>	30.0448	0.1173	-2.9187	57.50471	0.02841	-6.38420
<i>Trachurus trachurus</i>	33.4782	0.1394	-1.0293	53.27136	0.05155	-3.03336

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. Pour les quatre espèces étudiées, nous retiendrons les courbes de croissance données par l'ajustement des clés âges-longueurs à partir de la lecture directe, et les paramètres estimés par le programme fishmethods (Fig.III.4).

Le choix porté n'est pas arbitraire mais se justifie du fait que les paramètres obtenus sont plus cohérents à la biologie des espèces.

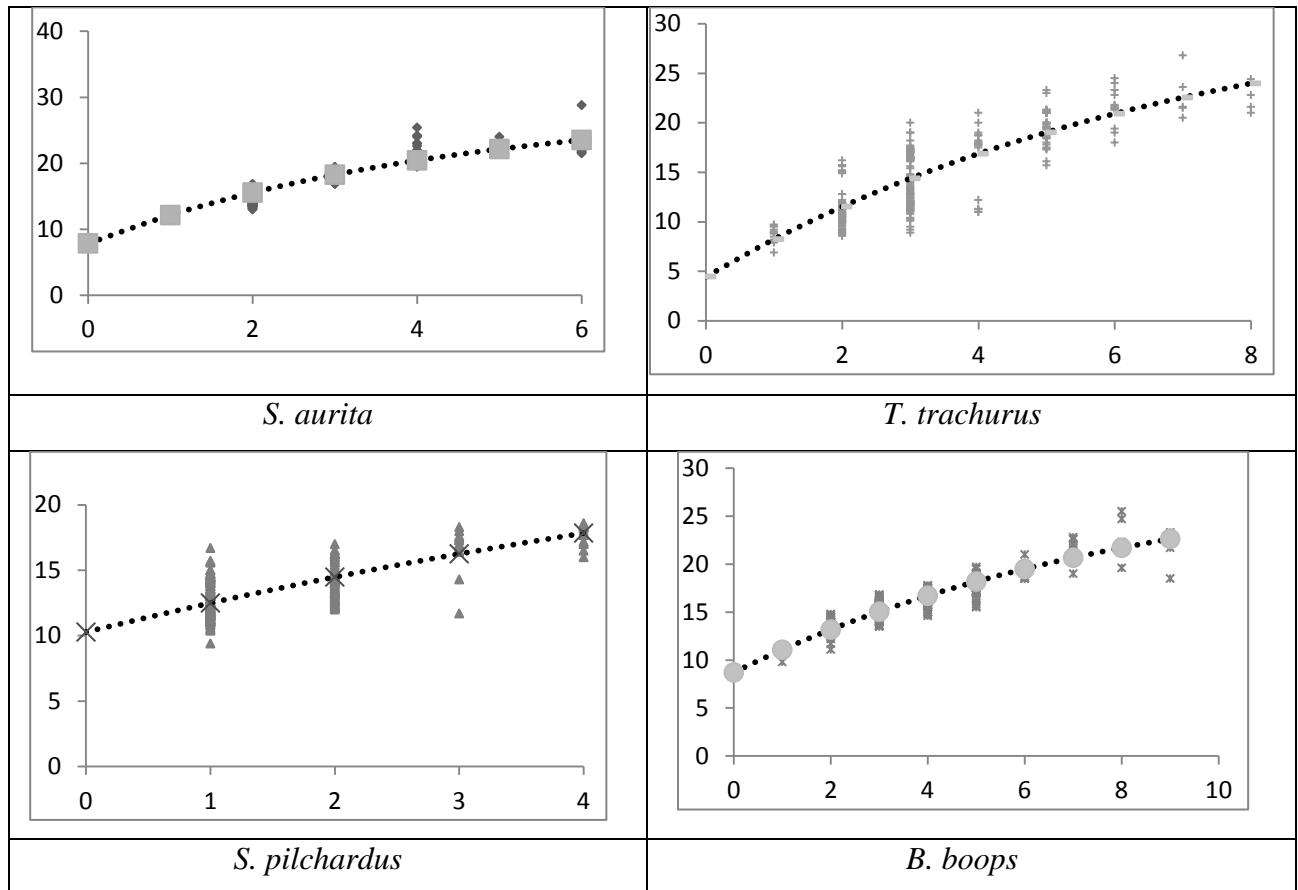


Figure.III.4. Données Age-LT individuelles obtenues par la lecture directe et les courbes d'ajustement (Von Bertalanffy) de la croissance linéaire par espèce.

2.2. Croissance relative

2.2.1. Relations biométriques

Le tableau III.5 résume les équations reliant la longueur totale aux autres dimensions de l'individu.

Il est à constater que globalement, les relations calculées mettent en évidence, une très bonne dépendance entre les différentes variables mesurées.

Les valeurs des pentes sont inférieures à 1 ce qui implique une allométrie minorante, Il apparaît que la longueur totale (LT) croît plus rapidement que les autres parties du corps.

Tableau III.5. Equations des relations biométriques des petits pélagiques Sexes confondus.

		<i>B. boops</i>	<i>T. trachurus</i>	<i>S. pilchardus</i>	<i>S. aurita</i>
LST-LT	<i>b</i>	0.8253	0.8267	0.7867	0.8414
	<i>a</i>	-0.1647	-0.2374	1.3623	-0.2432
	R ²	0.8828	0.9665	0.8646	0.9618
LF-LT	<i>b</i>	0.8301	0.844	0.9313	0.7828
	<i>a</i>	0.9311	0.7401	-1.1246	1.6103
	R ²	0.8584	0.971	0.9277	0.9538
Lt-LT	<i>b</i>	0.1758	0.2211	0.1895	0.174
	<i>a</i>	0.454	0.2047	0.2309	0.4535
	R ²	0.8873	0.9528	0.8443	0.9269
HC-LT	<i>b</i>	0.2229	0.1963	0.1685	0.1804
	<i>a</i>	-0.5599	-0.2192	0.0475	-0.2751
	R ²	0.824	0.9379	0.7022	0.8864

2.2.2. Relation taille-poids

Dans les calculs, nous avons retenu le poids éviscéré (WE) pour éliminer les variations dues à l'état des contenus stomacaux et au degré d'évolution pondérale des gonades.

Les relations établies par espèce et pour l'ensemble des individus sont consignées dans le tableau suivant:

Tableau III.6. Relation d'allométrie entre le poids éviscéré et la longueur totale des petits pélagiques de la région ouest de l'Algérie.

Espèces	Relation puissance			Relation linéaire			
	<i>b</i>	<i>a</i>	R ²	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²	<i>t</i> cal. ($\alpha = 5\%$)
<i>Sardina pilchardus</i>	3.1332	0.0047	0.9126	-40.584	4.336	0.679	0.372

<i>Sardinella aurita</i>	3.2545	0.003	0.9696	-81.572	7.0674	0.895	0.711
<i>Boops boops</i>	3.2658	0.0039	0.9234	-103.16	8.7353	0.88	0.742
<i>Trachurus trachurus</i>	3.2137	0.0041	0.9833	-54.032	5.7673	0.929	0.263

Le test t basé sur la comparaison de deux pentes, fournit des valeurs inférieures à 1.96 pour $\alpha = 5 \%$ (tableau III.6). Ceci permet de conclure que quelque soit l'espèce, la croissance en poids peut être considérée comme isométrique.

2.2.3. Croissance pondérale

La figure III.5 représente les courbes de croissance pondérales théoriques résultant de la combinaison de l'équation de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) avec la relation taille - poids.

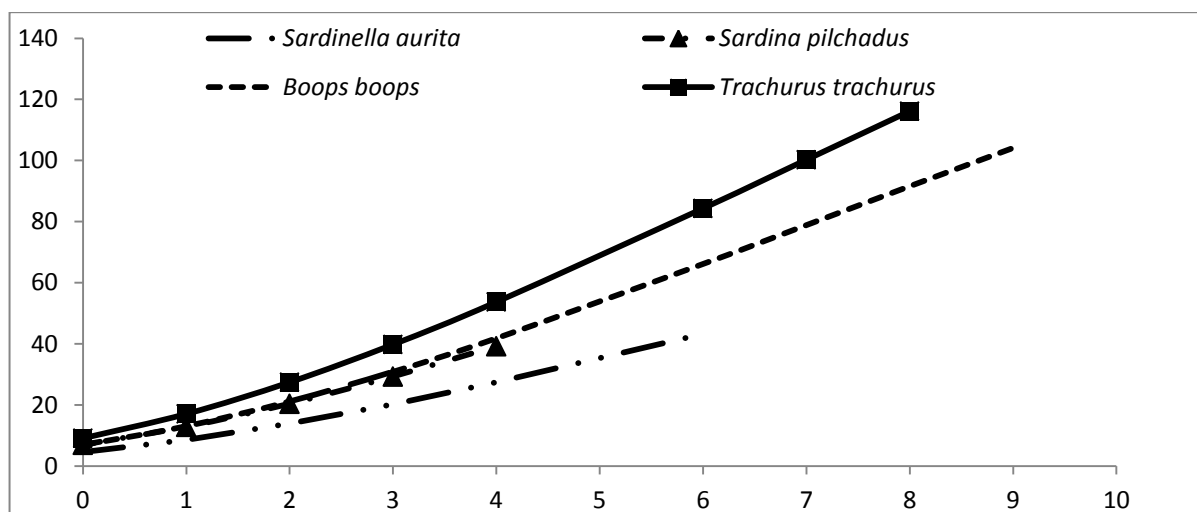


Figure.III.5. Courbes de croissance pondérale (modèle de Von Bertalanffy).

Discussion

La lecture de l'âge à partir des otolithes en utilisant le logiciel de lecture d'âge (TNPC) n'a pas été facile; en effet, il a été délicat d'attribuer un âge précis, les anneaux de ralentissement de croissance sont difficilement discernables et peuvent être confondus avec les "faux anneaux" (ponte, migration ou autres), surtout chez les individus âgés.

La validation des âges absolus est encore préoccupante et la qualité des données sur l'âge est certainement plus faible dans les zones où l'interprétation des otolithes est plus

difficile, comme au large de l'Iberia méridionale, de la Mauritanie et des eaux méditerranéennes.

Pour *S. pilchardus*, la distribution de taille oscille entre 8,5 à 20,5 cm et son âge est entre 1 et 4 ans. Comme le confirme Tsikliras & Koutrakis (2013), la sardine atteint rarement des longueurs de 16-17 cm et des âges de 4-5 ans en raison de la surpêche.

Quand à *B. boops*, La structure démographique obtenue pour la bogue caractérise la population comme constituée principalement d'individus de taille moyenne de 15 à 19 cm avec un pic pointu dans la plage de 17,75 à 18,75. Chez *Sardinella aurita*, le plus grand poisson rencontré mesure 28.8 cm, le plus petit est de 8.5 cm. Les distributions des fréquences de taille capturés dans la région ouest ont présenté des tailles entre 12 et 15 cm. *Trachurus trachurus*, quant à elle, varie entre 6.6 et 26.9 cm avec un maximum de capture enregistré pour les tailles comprises entre 8.5 et 9.5 cm ainsi qu'un autre pic est enregistré pour les tailles comprises entre 18 et 19 cm.

Ces résultats sont similaires à ceux de Kherraz *et al.* (2011), qui ont signalé que les tailles des structures de *B. boops* des côtes occidentales de l'Algérie sont représentées par des individus de taille moyenne (140 mm-160 mm). L'étude de l'âge réalisée sans distinction entre les sexes indique que bogue peut vivre jusqu'à neuf ans dans le secteur ouest du bassin algérien.

L'étude comparative de la croissance des quatre espèces dans la région ouest de l'Algérie par rapport à d'autres secteurs a été effectuée grâce à une synthèse des travaux réalisés sur les espèces que nous avons étudiées dans d'autres régions biogéographiques (tabl. III.7 et III.8).

Il y va de soit que des similitudes et des divergences au niveau des paramètres de croissance ont été mises en évidence selon la variation géographique.

L'approche de croissance décrite par le modèle de Von Bertalanffy: a mis en évidence une petite variance entre les valeurs, rapportées par d'autres auteurs et les estimations actuelles (tableau III.4). La longueur asymptotique estimée pour *S.pilchardus* dans cette étude est comprise entre les valeurs estimées dans les régions de la côte algérienne occidentale (Beni Saf et Oran) mais elle est relativement inférieure à celle de Brahmi *et al.* (1998) et Bedairia & Djebar (2009).

Néanmoins, l'approche de croissance de la bogue à partir de la lecture des otolithes nous a fourni un bon ajustement: une longueur asymptotique (L_{∞}) de 30,045 cm TL et une courbure de croissance (K) de 0,117 an⁻¹. Ces valeurs indiquent une petite variance entre les

valeurs, rapportées par d'autres auteurs et les estimations actuelles (tableau III.4). En mer Méditerranée, la valeur de la longueur asymptotique de *B. boops* allait de 24 à 33 cm. La longueur asymptotique de 30.045 cm, estimée dans cette étude, était considérablement supérieure aux valeurs estimées dans d'autres études sur la côte algérienne (Bou ismail et Oran), mais elle est similaire aux résultats rapportés par El-Okda (2008) en Egypte.

Tandis que pour *S. aurita*, l'analyse des résultats obtenus fait ressortir que les longueurs asymptotiques obtenues dans différentes régions oscillent entre 20.7 et 41.6 cm. Nos résultats semble plus proche de ceux réalisés sur les cotes tunisiennes (Gaamour *et al.*, 2001).

T. trachurus, quant à elle, présente la plus faible valeur de la vitesse de croissance (k), comparée à l'ensemble des résultats de nos prédécesseurs.

Comme l'indique Lamrini (1988), l'équation de von Bertalanffy est très sensible au nombre de groupes d'âge utilisés pour son calcul. Les plus grands et les plus jeunes sont généralement mal représentés dans les échantillons, ce qui peut affecter l'ajustement. L'absence de jeunes poissons maximise les valeurs de K (Daget 1976).

Le choix des paramètres de croissance appropriés pour le développement de l'évaluation est important (Anonymous, 2012b). Cependant, il est très difficile de faire une comparaison entre nos résultats et ceux obtenus par d'autres auteurs en Méditerranée (tableau 9), car l'approche utilisée pour la détermination de l'âge (scalinométrie, otolithométrie et méthodes indirectes) diffère d'un auteur à l'autre. De plus, les facteurs biotiques (Khemiri *et al.*, 2005) et les effets environnementaux (Kooijman, 2010 & Pecquerie, 2009) peuvent influencer sur la variabilité des paramètres de croissance.

Il convient de souligner que Kooijman (2010) et Pecquerie (2009) ont largement développé les effets environnementaux sur les paramètres de Von Bertalanffy; En fait, la théorie DEB prédit que les poissons qui se développent dans le même environnement alimentaire, mais à différentes températures de l'eau, aura la même taille asymptotique. Dans des conditions alimentaires constantes, nous pouvons ainsi prédire à quelle vitesse l'individu atteindra sa taille asymptotique. Par conséquent, on peut observer différentes tailles asymptotiques dans des populations de la même espèce, selon f; Cependant, k varie en fonction de la température.

La relation entre la taille de la bogue et sa masse est basée sur des données de mesure de la taille (longueur totale) et du poids des individus sans distinction entre les sexes. La corrélation entre la longueur et le poids des quatre espèces étudiées est très significative ; le test t, basé sur la comparaison de deux pentes, a fourni des valeurs inférieures à 1,96, pour $\alpha =$

5%. Ce résultat nous permet de conclure que les espèces de petits pélagiques étudiées dans la région ouest du bassin algérien, sont caractérisées par une croissance isométrique. Nonobstant, en comparaison avec les résultats obtenus par d'autres auteurs en mer Méditerranée, les relations Longueur-poids montre une différence qui peut être expliqué par le sexe, les longueurs et les poids utilisés.

Dans l'ensemble, lorsqu'on compare les résultats actuels à la littérature scientifique (tableaux III.7 et 8), on constate clairement que la divergence est probablement due à la qualité de l'échantillonnage, aux méthodes utilisées, aux sexes et aux fluctuations des paramètres physico-chimiques du milieu.

Tableau.III.7: Valeurs biogéographiques des paramètres de croissance de *S. pilchardus*, *S. aurita*, *Boops boops* et *Trachurus trachurus*.

	L∞ [cm]	K [yr⁻¹]	t₀	Région	Auteurs
<i>S. pilchardus</i>	20.3	0.26		Alger	Mouhoub (1986)
	22.6	0.26		Alger	Brahmi <i>et al</i> (1998)
	18.9	0.46		Alger	Brahmi <i>et al</i> (1999)
	16.1	0.71		Algérie	Binohlan, Crispina B (2015) FishBase (Froese and Pauly 2014)
	22.56	0.31		Annaba	Bedairia & Djebbar (2009)
	17.6	0.26		Beni saf	Binohlan, Crispina B (2013) FishBase (Froese and Pauly 2014)
	18.3	0.38		Oran	Binohlan, Crispina B (2013) FishBase (Froese and Pauly 2014)
	25.12	0.45		Alger	Bouaziz <i>et al</i> (2014)
31.2708	0.1118	-3.5638	Algérie (ouest)	la présente étude	
<i>Boops boops</i>	32	0.29	-1.481	Maroc	Mennes, 1985
	33.2	0.168	-1.46	Adriatique	Hernandez, 1989
	26.7	0.22	-1.98	Tunisie	Khemiri <i>et al.</i> , 2005
	24.3	0.23	-1.43	Tunisie	Khemiri <i>et al.</i> , 2005
	28.7	0.2	-1.65	Tunisie	Khemiri <i>et al.</i> , 2005
	30.11	0.15	-0.3	Egypt	El-Okda, 2008
	24.04	0.4	-0.39	Algérie (ouest)	Kherraz, 2011
	29.66	0.33	0	Algérie (centre)	Bnina <i>et al</i> , 2014
	30.045	0.117	-2.9187	Algérie (ouest)	la présente étude

	27.54	0.458	-0.382	Espagne	Navarro,1932
	20.7	0.691	-0.194	Algérie (Alger)	Bouaziz <i>et al.</i> ,1998
	24.24	0.54	-0.17	Algérie (Alger)	Bouaziz <i>etal.</i> ,1998
	34.96	0.236	-0.707	Algérie (Alger)	Bouaziz <i>etal.</i> ,2001
<i>S. aurita</i>	26.42	0.265	-1.92	Tunisie	Gaamour <i>et al.</i> ,2001
	29.73	0.239	-2.1	Tunisie	Gaamour <i>et al.</i> ,2001
	31.32	0.24	-2.58	Tunisie	Gaamour <i>et al.</i> ,2001
	41.63	0.261	-0.871	Mauritania	Chesheva,1998
	28.8806	0.2278	-1.393	Algérie (ouest)	la présente étude
	23.8	0.86	-0.97	Algérie (Oran)	CHAREF BELIFA Z 2009
	24.7	0.86	-1.87		
<i>Trachurus</i>	32.96	0.234	-1.3	Algérie (Alger)	Korichi, 1988
<i>trachurus</i>	32.82	0.239	-1.17		
	37.68	0.23	-0.3	mer adriatique	Santic <i>et al.</i> , 2002
	33.4782	0.1394	-1.0293	Algérie (ouest)	la présente étude

Tableau III.8. Valeurs biogéographiques de la relation taille poids pour *S. pilchardus*, *S. aurita*, *Boops boops* et *Trachurus trachurus*.

	a	b	sexe	Auteurs	région
<i>S. pilchardus</i>	0.007	3	femelle	Binohlan, Crispina B 1993, FishBase (Froese and Pauly 2014)	Algérie (Alger)
	0.00800	3	male	Binohlan, Crispina B 1993, FishBase (Froese and Pauly 2014)	Algérie (Alger)
	0.00357	3.266	sexes confondus	Reyes, Rodolfo B 2011, FishBase (Froese and Pauly 2014)	Maroc
	0.00600	3	sexes confondus	Binohlan, Crispina B 1993, FishBase (Froese and Pauly 2014)	Espagne
	0.0047	3.1332	sexes confondus	le présent travail	présent travail
<i>B. boops</i>	0.007	3.13	sexes confondus	Abdallah, 2002	Egypt
	0.0161	2.812	sexes confondus	Valle <i>et al</i> , 2003	Espagne
	0.013	2.951	femelle	Kherraz, 2011	Algerie (Ouest)
	0.011	3.005	male	Kherraz, 2011	Algerie (Ouest)
	0.016	2.798	sexes confondus	Bnina <i>et al</i> , 2014	Algerie (Ouest)
	0.0039	3.2658	sexes confondus	le présent travail	Algerie (Ouest)
<i>S. aurita</i>	0.0053	3.144	mal	Hajjej <i>et al</i> ,2010.	Tunisie
	0.0032	3.284	femelle		
	0.0074	3.009	sexes confondus	Tsikliras <i>et al</i> ,2005	Nord est
	0.0062	3.064	mal		

	0.0059	3.084	femelle		méditerranéen
	0.00343	3.29	mal		
	0.00315	3.26	sexes confondus	Bouaziz 2005	Algérie (centre)
	0.00321	3.28	sexes confondus		
	0.003	3.2545	sexes confondus	le présent travail	Algérie (Ouest)
	3.73*10 ⁻⁶	3.13	sexes confondus	Charef Belifa, 2009	Algerie (Oran)
	0.0141	2.935	sexes confondus	Korichi, 1988	Algérie (centre)
<i>Trachurus trachurus</i>	0.0076	3.05	sexes confondus	Yucel <i>et al.</i> ,2000	mer adriatique
	0.008	3.019	sexes confondus	Santic <i>et al.</i> ,2002	mer adriatique
	0.0041	3.2137	sexes confondus	le présent travail	Algérie (Ouest)

Reproduction

La reproduction est le commencement de la mort.

James Joyce

B. Reproduction

1. Méthodes d'étude

Différents aspects de la reproduction des petits pélagiques sont abordés : le cycle de reproduction, le sex-ratio, la taille à la première maturité sexuelle et la fécondité ; cette partie permet de dégager les grands traits de la reproduction

La détermination du sexe ne peut pas être faite d'après des caractères externes, il s'est avéré nécessaire d'ouvrir l'abdomen de chaque individu et de procéder à l'examen macroscopique de la gonade.

Une forte variabilité interannuelle apparaît dans la durée et l'importance des saisons de ponte auxquelles, de plus, les différentes classes d'âge ne participent pas de façon équivalente (Boely, 1982).

1.1. Clarification des définitions

Une série de termes liés à l'état de la reproduction adopté par le groupe ICES (2004) pour les espèces à saisons de frai étalées. La série de définitions se réfère à l'histoire de frai de l'individu, à l'état actuel de la gonade de poisson et à l'état de maturité des individus au sein de la saison de reproduction

Critère1: l'histoire de frai, se réfère au cycle de vie de l'individu : la séparation des poissons qui ont au moins une fois contribué à la population reproductrice des autres.

Juvenile: un individu qui n'a jamais contribué à la population reproductrice des autres;

Adulte: un individu qui a donné naissance au moins une fois dans sa vie.

Critère 2: développement gonadique, se réfère au cycle de reproduction annuelle;

Immature: individus juvenile et adultes sans signes de développement des gonades ou une activité de reproduction (À savoir, les individus en dehors de leur saison de reproduction);

Mature: adultes (mais dans certains cas aussi juveniles) individus qui ont des signes évidents de développement des gonades ou l'activité de reproduction (à savoir, les individus dans leur saison de reproduction).

Critère3: l'activité de frai, fait référence à la saison de reproduction

Inactifs: les individus qui ne présentent pas de signes d'activité de frai éminent

Actifs: les individus qui présentent des signes de l'activité de frai éminente.

Selon les définitions ci-dessus, il est plausible que poisson juvénile est mature (au cours de sa première maturation) et un poisson adulte est immature (un géniteur bien à l'extérieur de sa saison de reproduction). Par ailleurs, il est également possible qu'un poisson juvénile ou mature est inactif (un premier géniteur qui n'a pas réussi à mobiliser des ressources énergétiques suffisantes pour achever le développement des gonades et la libération du premier lot d'ovocytes).

1.2. Cycle sexuel

Etudier la maturité sexuelle peut avoir un double intérêt (Fontana, 1979) ; à savoir fixer l'âge des différentes cohortes, ainsi que disposer d'informations utiles pour l'étude de la fécondité.

Selon Bouaziz (2007), les poissons Téléostéens sont représentés par deux types de reproducteurs bien distincts à savoir :

- **Reproducteurs totaux (isochrones)** : l'émission des œufs a lieu pendant une courte période
- **Reproducteurs partiels (hétérochrones)** : l'émission des œufs a lieu pendant une durée prolongée

Plusieurs échelles de maturités ont été proposées pour suivre l'évolution de la gonade, entre autres : échelle de maturité de Bougis (1952) pour le rouget, échelle de Fontana (1969) qui est utilisée pour les espèces susceptibles d'effectuer plusieurs actes de ponte et l'échelle d'Aboussouan et Lahave (1979) pour les espèces à ponte unique.

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 réduite en cinq stades dans les travaux de Boufersaoui (2016) (tableau III.9).

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 préopente (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 III.9. Echelle 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 atrophiques.	Les testicules sont épuisés, richement vascularisés laissant écouler des traces de sperme donnant à l'organe un aspect de lait caillé.

Lors du traitement des échantillons, nous avons déterminé les stades de maturité sexuelle des espèces cibles. Cette détermination s'effectue selon des critères morphologiques de la gonade tels que sa coloration, son volume dans la cavité abdominale, la transparence de sa paroi et l'importance de la vascularisation.

1.3. Sex-ratio

C'est un indice qui désigne la proportion des individus de chaque sexe d'une population d'une espèce donnée ; le sex-ratio ou proportion des sexes, s'exprime sous différentes formes (Kartas et Quignard, 1984).

Nous avons choisi indifféremment les expressions suivantes, car se complétant:

- Taux de féminité = $[F / (F + M)] \times 100$. F : nombre de femelles. M : nombre de mâles.
- Taux de masculinité = $[M / (F + M)] \times 100$. M : nombre de mâles ; F : nombre de femelles.
- Le nombre de mâles pour 100 femelles : $M/F \times 100$
- Le nombre de femelles pour 100 mâles: $F/M \times 100$

L'intervalle de confiance est calculé à partir de la formule suivante (Schwartz, 1983)

$$IC = \% \pm 1.96 \sqrt{(pq / n)}$$

p : pourcentage de femelles. q : pourcentage de mâles. n : nombre de mâles et femelles

1.4. 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).

- P0 : pourcentage observé (calculé) ;
- Pq : pourcentages théoriques = 50 ;
- n : effectif total.
- Si $|\xi_{cal}| \leq 1,96$; différence non significative ;
- Sinon si $|\xi_{cal}| > 1,96$; différence significative.

1.5. Taille à la première reproduction

La taille à la première reproduction ou taille de première maturité est un paramètre important pour la gestion des stocks. Ce paramètre permet de situer, dans un stock donné, les individus qui participant à la reproduction contribuant ainsi au renouvellement du stock.

Le terme "première maturité" est utilisé pour décrire un poisson qui se reproduit pour la première fois (Holden et Raitt, 1974). Cette notion peut être définie d'une manière statistique ou biologique :

Mac Gregor (1968, *in* Hemida, 1987) définit la taille à la première reproduction à partir du plus petit individu mature ou du plus grand individu immature ; Fontana et Le Guen (1969) quant à lui proposent une méthode statistique, ils déterminent cette taille par une projection de l'ordonnée 50% sur l'axe des abscisses de la courbe du pourcentage d'individus matures durant la période de ponte. Elle fait référence à la longueur à laquelle 50% des individus dans une population sont sexuellement matures.

Cette définition a été adoptée dans la présente étude. La détermination du L_{50} a été faite par le regroupement des individus échantillonnés au cours de la période d'étude, selon la classe de taille. Ensuite, la proportion d'individus matures chaque classe de taille a été calculée. Le seuil de la maturité sexuelle est fixé à la phase II qui est le début de la phase de développement des gonades (FAO, 1978).

Le modèle logistique, sigmoïde de type symétrique est sélectionné pour la représentation graphique (Pope *et al* 1983): $P = 1/(1+e^{-(a + b * L)})$ (1) avec: P: proportion matures par classe de taille; L: longueur total; a : ordonné à l'origine ; b : pente.

Les paramètres a et b sont obtenus après une transformation logarithmique de l'expression (1) par la méthode des moindres carrés (Sokal & Rohlf 1994):

$$- \ln ((100 - p) / p) = a + b * L \quad (2)$$

1.6. Etude de la fécondité

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

1.6.1. 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), la mesure des diamètres ovocytaires a été réalisée à l'aide de pinces fines.

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.

Notre but est 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). Ainsi d'éliminer les ovocytes immatures par un filtré qui n'ont pas destinées à l'étude de la fécondité.

1.6.2. 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*, et *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 .

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

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 (LT), le poids total (WT) et le poids des ovaires (Wg) 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).

2. Résultats

2.1. Identification des sexes et stades de maturité sexuelle

Le tableau suivant regroupe les effectifs des différentes espèces, l'effectif par sexe, le nombre des individus immatures et hermaphrodites ainsi que les individus à sexe indéterminé:

Tableau III.10. Répartition des effectifs chez les espèces étudiées.

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

Espèces	N	F	M	H	IM	IND
<i>S. pilcardus</i>	996	345	540	-	58	3
<i>S. aurita</i>	487	136	234	-	95	22
<i>B. boops</i>	494	168	257	8	24	37
<i>T. trachurus</i>	505	133	240	-	77	55

L'observation macroscopique des gonades a permis l'identification de différentes gonades : femelles, mâles, bisexués (fig. III.6). Ainsi les stades de maturités sexuelles destinés à l'étude de la fécondité (fig.III.7).

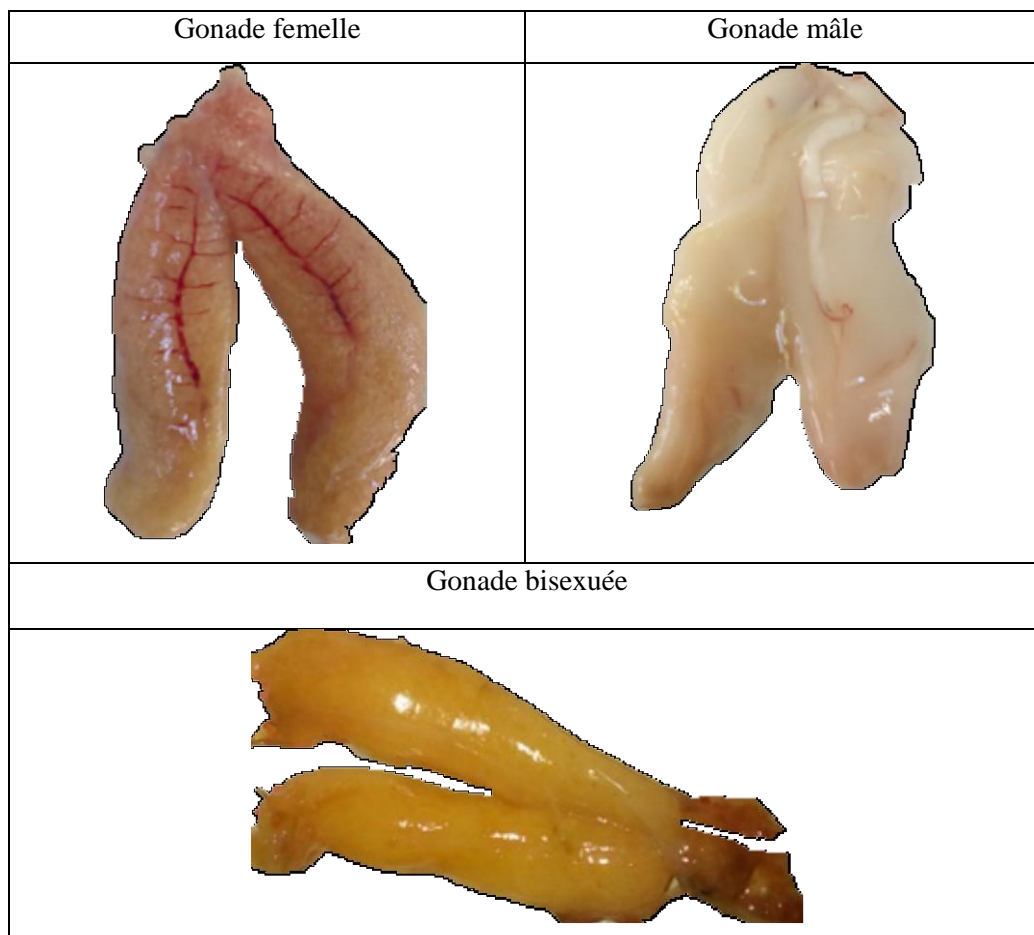


Figure.III.6. Les différents types de gonades observées.






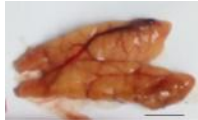


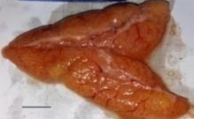
Stades de maturité sexuelle	Aspect macroscopique des ovaires		
	<i>S. pilcardus</i>	<i>B. boops</i>	<i>T. trachurus</i>
Stade II Initiation du cycle			
Stade III Pleine maturation			
Stade IV Ponte			

Figure.III.7. Aspect macroscopique des ovaires matures utilisés pour l'étude de fécondité.
Barre d'échelle = 1 cm.

2.2. Distribution des fréquences de tailles

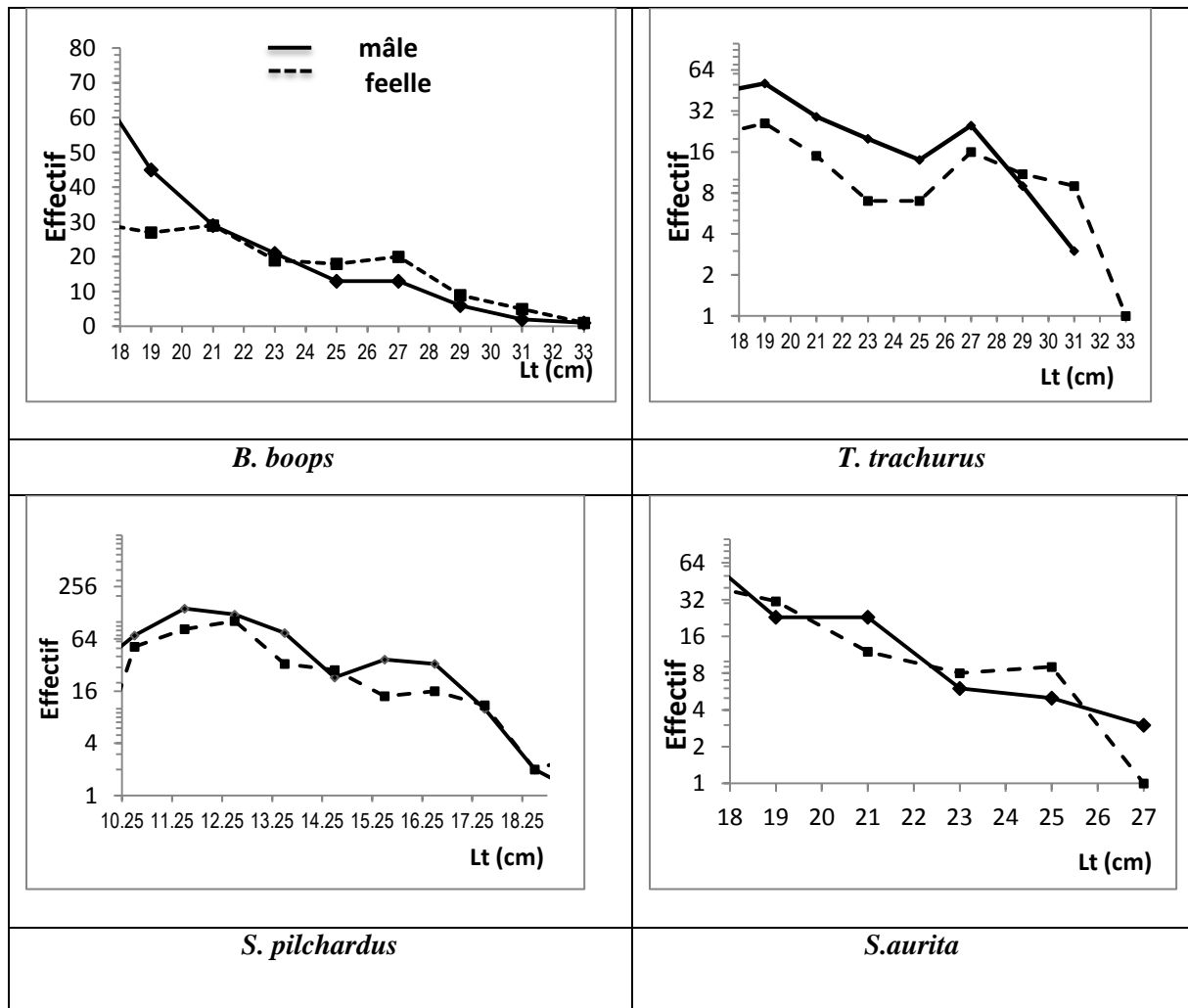


Figure III.8. Courbes d'abondance de taille pour les quatre espèces de petits pélagiques.

La figure III.8 montre que les courbes d'abondance des mâles et des femelles suivent la même allure. On note une nette dominance des mâles chez *T. trachurus* et *S. pilchardus*. Un mode à 18 cm de longueur chez les mâles et à 12 cm chez les femelles de la bogue ; à 19 cm chez la saurel, à 11.5 cm chez les mâles et 12.5 cm chez les femelle de la sardine et un mode enregistré à 18 cm pour la sardinelle.

2.3. Sex-ratio

Le calcul du sex-ratio global chez les espèces étudiées est consigné dans le tableau III.11. Les populations de *S. pilchardus* et *B. boops* montrent une tendance en faveur des mâles. Contrairement pour *S. aurita* et *T. trachurus*, le taux de féminité dépasse faiblement le taux de masculinité.

L'application du test de l'écart réduit donne une différence non significative ($|\xi_{cal}| < 1.96$) seulement pour *S. aurita* et *T. trachurus*. Donc on peut conclure que le stock de *B. boops* et celui de *S. pilcardus* sont constitués 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 III.11. Sex-ratio globale chez les espèces étudiées. (DS : Différence significative ; DNS : Différence non significative)

Espèces	<i>S. pilcardus</i>	<i>S. aurita</i>	<i>B. boops</i>	<i>T. trachurus</i>
Effectif des femelles	346	234	168	240
Effectif des mâles	540	136	257	133
Taux de féminité (%)	39.05	63.24	39.53	64.34
Taux de masculinité (%)	60.95	36.76	60.47	35.66
Sex-ratio global	0.64	1.72	0.65	1.80
Test de comparaison ξ_{cal}	DNS	DS	DNS	DS

La variation du sex-ratio en fonction des tailles est reprise dans l'annexe A (tableaux 2 à 5).

La répartition des pourcentages des femelles en fonction de la taille (figure III.9) montre une dominance nette des mâles pour l'ensemble des classes de taille excepté pour les classes 19, et pour les tailles comprises entre 22 et 26 cm chez l'allache ; la saurel, quand à elle, marque une dominance au profit des femelles pour les tailles comprises entre 28 et 34 cm. Tandis que l'allure générale du taux de féminité pour *B. boops* est typique à savoir le taux de féminité est élevé chez les grands individus ; alors que chez la sardine, la dominance des mâles est dans la gamme de taille inférieure ou égale 17.5 cm.

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. Néanmoins, il faudrait être prudent quant à l'explication de la fluctuation de cet indice, le sexe-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.

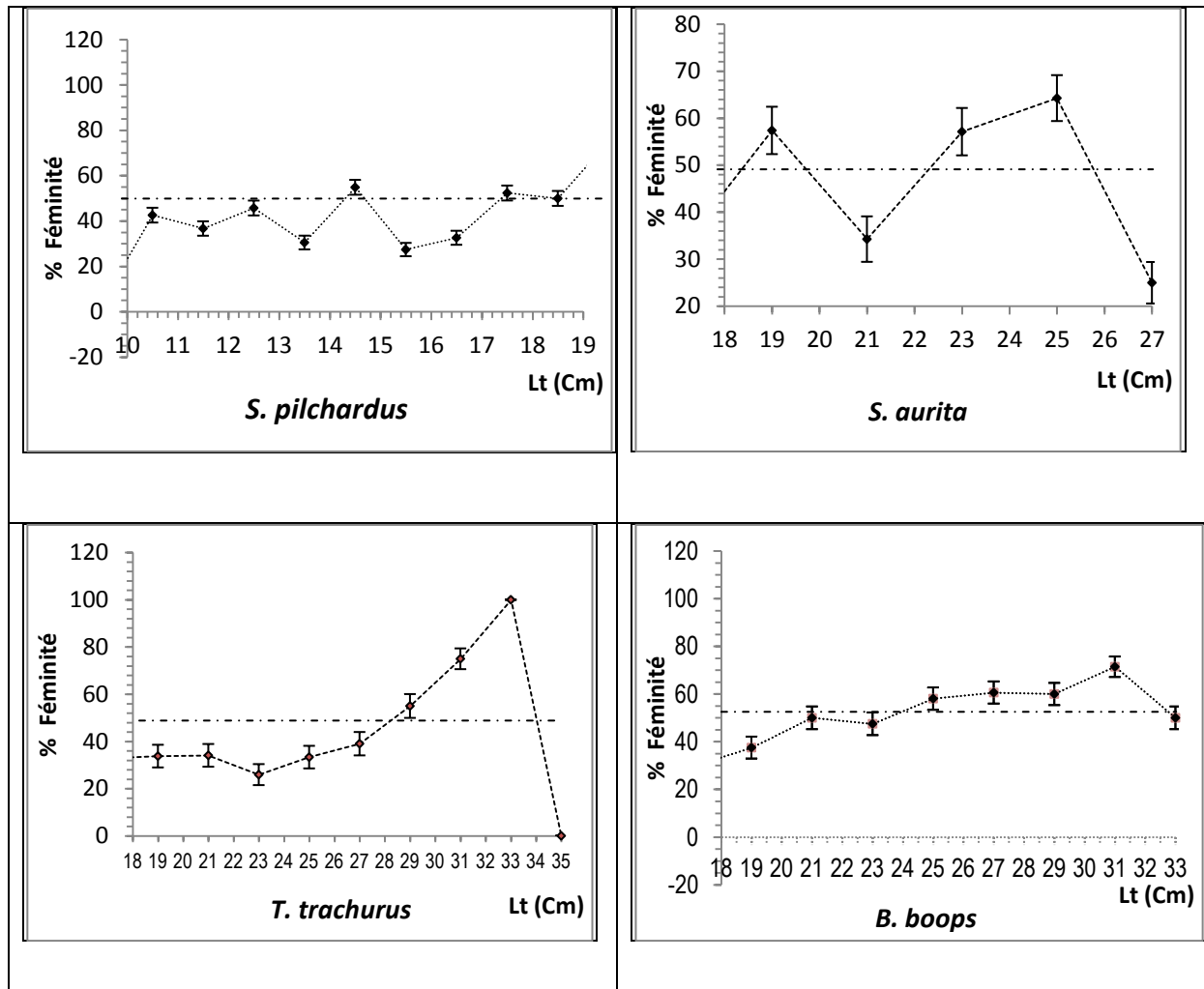


Figure III.9. Taux de féminité en fonction de la taille chez les espèces étudiées.

2.4. Taille à la première reproduction

L'examen du pourcentage des individus matures en fonction de la taille (Fig.III.10), permet d'estimer les valeurs des tailles de première maturité qui sont résumées dans le tableau .III.12.

La taille à la première maturité sexuelle varie selon les années et la zone considérée (tableaux III.15. III 16. III 17 & III 18). 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 (Abad et Giraldez, 1993). La LT50 peut également varier en fonction du sexe.

Tableau .III.12. Tailles à la première reproduction chez les quatre espèces

Espèces	LT50 (cm)
	Sexes confondus
<i>S. pilcardus</i>	9.41
<i>S. aurita</i>	13.79
<i>B. boops</i>	12.77
<i>T. trachurus</i>	11.42

2.5. La fécondité

2.5.1. Diamètre ovocytaire

La forme des ovocytes chez les trois espèces est d'allure sphérique, comme montré sur la figure III.10.

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 (fig. III.11), montre des lots d'ovocytes bien distincts (tableau III.11).

La valeur modale du premier lot (01) 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 02 ; 03 ; 04 ; 05) 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).

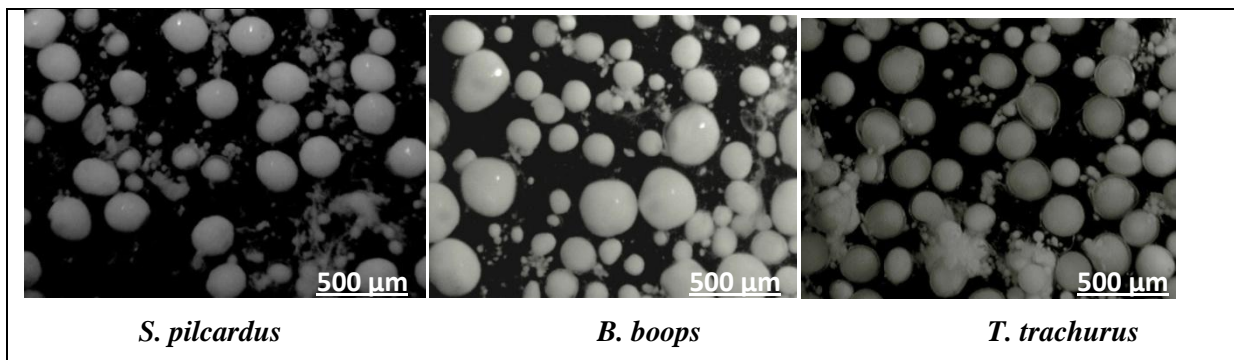


Figure III.10. Aspect des ovocytes sous la loupe binoculaire chez les espèces étudiées(G×15)

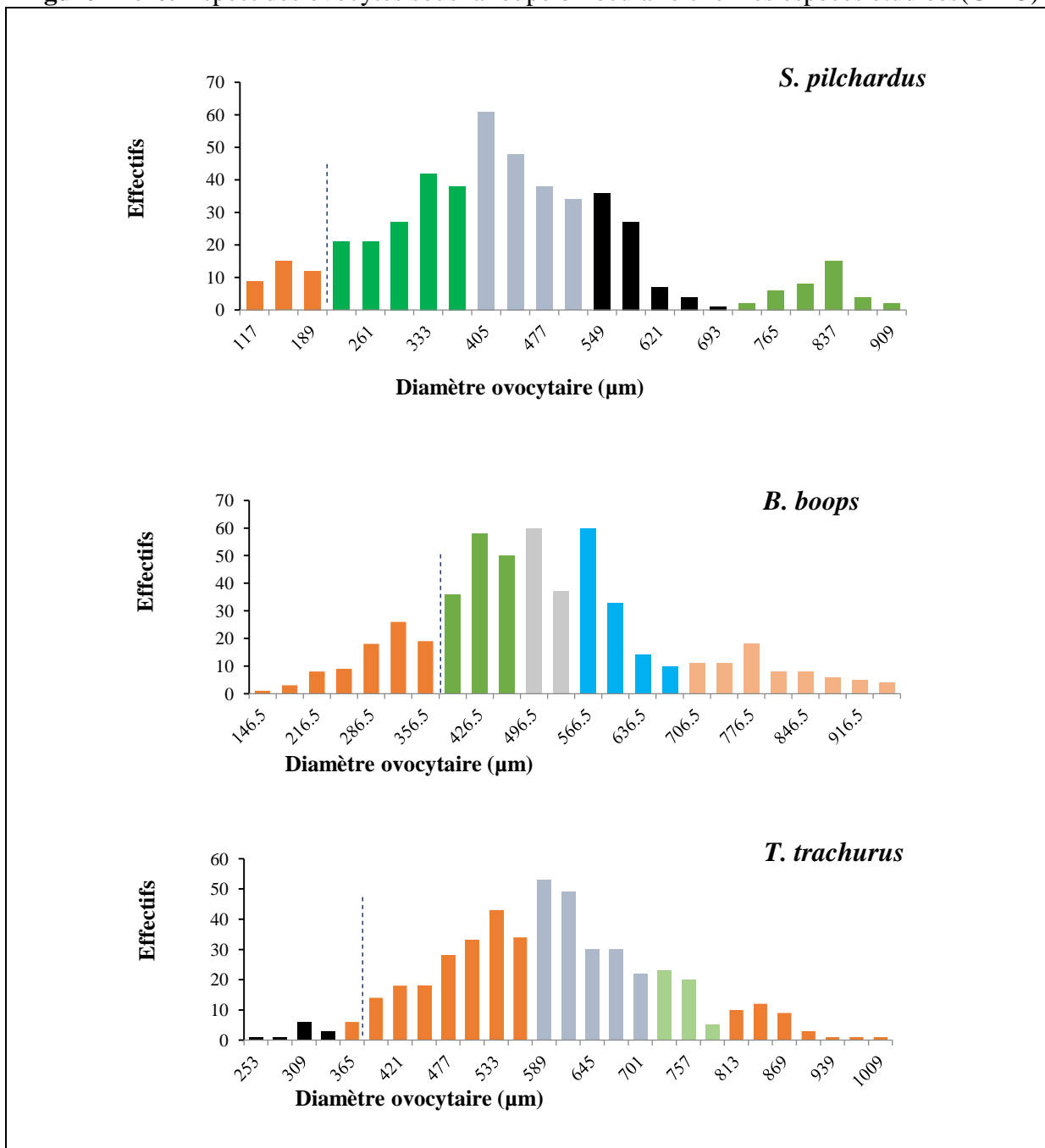


Figure. III.11. Histogramme des fréquences du diamètre ovocytaire pour les quatre espèces.

2.5.2. Fécondité absolue (individuelle)

L'évaluation de la fécondité absolue (FA) a été effectuée sur des individus ayant des tailles allant de 11.7 à 18 cm avec des poids oscillant entre 10.5 à 47.58 g pour *S. pilchardus* ; quant à *B. boops* ; l'estimation a été faite sur des individus de tailles entre 19.4 à 29.5 cm , et de poids de 71.5 à 239.35 g; tandis que *T. trachurus* a été représentée par des femelles de tailles entre 18.7 et 32.5 cm, ayant un poids oscillant entre 54.94 et 307.75 g.

Il convient de souligner que l'estimation de la fécondité pour l'espèce *S. aurita* n'a pas été réalisée, le travail de Bouaziz 2007) a servi de base pour cette estimation

Le nombre moyen d'ovocytes émis par femelle est de 6856 ± 1614 ovocytes pour *S. pilchardus* ; 34349 ± 6468 ovocytes pour *B. boops* et 38392 ± 12395 (F \pm SEM) ovocytes pour *T. trachurus* (tableau. III.13).

Tableau. III.13. 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
<i>S. aurita</i> (Bouaziz, 2007)	11680	40348	25001.26 ± 2412.55

Le tableau III.14 montre que la corrélation entre la fécondité et les différents paramètres relatifs à la taille et le poids de l'individu, ainsi que le poids des gonades 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, il y va de soit que 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. III.14. 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. pilcardus</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	12494.68 Wg - 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

Discussion

La comparaison de nos résultats avec ceux de la bibliographie fait ressortir des similitudes et divergences (tableaux III.15. III 16. III 17 & III 18).

Pour la sardine, nos résultats sont loin de ceux obtenus par nos prédécesseurs, la valeur enregistrée s'avère être sous estimée. Quant à l'allache les résultats sont similaires à ceux obtenus dans les régions algériennes et tunisiennes. Les valeurs de LTm50 obtenues pour la saurel est avoisinantes à celles trouvées par Kerstan (1985) dans le Nord Est d'Atlantique ; par contre chez la bogue nos résultats sont supérieurs à celles calculés par les auteurs ayant travaillé sur cette espèce et ce quelle que ce soit la région d'étude.

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.

Tableau III.15. Tailles à la première reproduction (LTm50) chez *S. pilchardus* selon la bibliographie

Auteur (année)	Région	LTm50 (cm)
Lee (1961)	Golf du Lion	♀14
		♂13.8
Kartas (1981)	Tunisie	♀12.3
		♂11.8
Bouchereau (1981)	Baie d'Oran	12.2
Mouhoub (1986)	Bou-Ismaïl	♀12.6
		♂11.9
Abad et Giraldez (1993)	Mer d'Alboran	♀12.5
		♂12.8
Silva et al. (2004)	Golf de Gascogne	17.2
Silva et al. (2006)	Nord de la France	16.8
Silva et al. (2006)	Nord du Portugal	14.6
Khemiri (2006)	Golf de Tunis	11.3
Bouhali et al. (2015)	Côtes Est-Algérienne	♀11.5
		♂11.28
Présente étude (2018)	Bassin algérien	9.41

Tableau III.16. 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
Belouahem (2010)	Golf d'Annaba	♀13.9
		♂13.64
		13.78
Présente étude (2018)	Bassin algérien	13.79

Tableau III.17. Tailles à la première reproduction (LTm50) chez *B. boops* selon la bibliographie

Auteur (année)	Régions	LTm50 (cm)
Zuniga (1967)	Côte Castellon	14.3
Girardin (1981)	Golfe de Lion	13
Mouneimne (1978)	Côte Libanaises	12
Chali-Chabane (1988)	Baie de Bou-Ismaïl	13.5
Gordo (1995)	Côte Portugaises	♀15
		♂14
Belhouas et Abderrahim (1997)	Baie de Bou-Ismaïl	14.15
Lamrini (1998)	Tanger	15.4
El Agamy (2004)	Egypte	♀ 12
		♂13
Derbal et al. (2007)	Baie d'Annaba	♀13.5
		♂14.3
Kherraz (2010)	Baie d'Oran	17.1
Benina (2015)	Baie de Bou-Ismaïl	♀14.6
		♂13
		13.6
Présente étude (2018)	Bassin algérien	12.77

Tableau III.18. 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
Gherram (2009)	Baie d'Oran	♀14.3
Présente étude (2018)	Bassin algérien	11.42

Conclusion

La principale difficulté dans la détermination du nombre de femelle et de mâles est au niveau de la détermination macroscopique des sexes en se basant sur la couleur et la consistance des gonades ; à savoir : blanc laiteux pour les gonades mâles et orange pour les gonades femelles. Le problème est prononcé pour les jeunes individus ou les gonades sont difficilement identifiables car très petites.

Du fait, que l'échelle macroscopique de développement sexuel soit basée sur des caractères externes de la gonade, sur lesquels il peut y avoir ambiguïté, l'étude de l'échelle microscopique est nécessaire. En effet, elle constitue un moyen plus sûr de suivre l'évolution du développement ovarien.

L'étude du sex-ratio révèle la dominance des mâles sauf pour *S. aurita* et *T. trachurus*, ou les femelles dominant ; il apparaît que les femelles atteignent une taille maximale supérieure à celle des mâles, les grands individus sont souvent femelles. Néanmoins, il convient de souligner que l'état de fraîcheur des individu récoltés pourra biaiser nos résultats relatif au sex-ratio, (produits périssable un nombre important des individus indéterminés).

Il convient de signaler que l'engin de pêche et la période de l'activité de capture pourrait influencer le sex-ratio quand la répartition bathymétrique des femelles et des mâles est différente; en effet, nous avons constaté au cours de cette étude surtout pour *S. aurita* et *S. pilchardus* ; une distribution verticale différente selon le sexe ; cela est expliqué par le fait que pour chaque prélèvement, on a un seul sexe à savoir tous les individus sont males ou sont femelle.

Il a été constaté que quelques mensurations permettent de mentionner un dimorphisme sexuel de taille uniquement pour *S. aurita*. Malgré l'absence de différences morphologiques extérieures entre les mâles et les femelles, une étude morphométrique permettra (voir chapitre biosystématique) de donner, à notre avis, des réponses décisives allant dans le sens de l'étude morphologique de la forme générale des individus ; hauteur du corps, diamètre oculaire, longueur de la tête; autrement dit, la question principale à résoudre est de savoir quel critère de détermination choisir sur le plan de la morphologie ou quels sont le ou les mensurations qui permettent une distinction sexuelle aisée.

Exploitation

L'homme se doit d'être le gardien de la nature, non son propriétaire.

Philippe St Marc

Chapitre IV : Exploitation

Introduction

Ces dernières années, le débat sur la rareté et l'effondrement d'un grand nombre de stocks de petits pélagiques à travers le monde s'est intensifié. Fréon *et al.* (2005) citent de nombreux exemples de l'effondrement de ces pêcheries au cours de la seconde moitié du 20^e siècle, parmi lesquels l'anchois européen *Engraulis encrasicolus*, la sardine Benguela *Sardinops sagax* et la sardine japonaise *Sardinops melanostictus* (Checkley *et al.* 2009). La question controversée est souvent de savoir si l'effondrement est dû à la surexploitation ou simplement à des fluctuations naturelles de la taille du stock.

Dans notre zone d'étude au large de la côte algérienne, le navire océanographique "Visconde de Eza" a procédé à une évaluation des stocks en 2003. Sur la base des résultats, le secteur de la pêche a conclu que les stocks étaient sous-exploités et que, par conséquent, l'effort de pêche était accru. Les captures pourraient passer de 130 000 à 220 000 tonnes. Cependant, les captures de la plupart des espèces ont diminué plutôt qu'augmenté, en particulier pour les stocks de petits pélagiques. Des travaux plus récents indiquent que la plupart des stocks au large des côtes algériennes sont surexploités. Neddjar (2013) a montré que le stock de la sardine *Sardina pilchardus* est en péril depuis 2006. Mouzaï et Tifoura (2012) et Boufersaoui (2012) ont signalé que les stocks de bogues *Boops boops*, de dorade axillaire *Pagellus acarne* et de pandora *Pagellus erythrinus* ont tendance à être surexploités. Il en va de même pour les stocks de chinchard atlantique *Trachurus trachurus* et de chinchard méditerranéen *Trachurus mediterraneus* (Boughrib et Limane 2012).

Cette étude vise à mieux comprendre l'état des stocks de quatre petits pélagiques dans la partie occidentale de la région côtière algérienne. Le pilchard européen est un petit poisson pélagique appartenant à la famille des Clupéidés. Il abonde principalement dans les régions productives (Checkley *et al.* 2009). Il a une large répartition géographique et peut être trouvé dans la plupart des zones côtières de l'est de l'Atlantique Nord, de l'Islande à la mer du Nord en passant par la mer du Nord jusqu'à la baie de Gorée, au Sénégal (Whitehead, 1985). Il a étendu sa limite sud d'environ 15 ° au cours de la dernière décennie. Il se produit également en Méditerranée, où il est commun dans la partie occidentale et dans l'Adriatique. Il est rare dans la partie orientale, dans la mer de Marmara et dans la mer Noire.

Les stocks européens de vergers situés au large des côtes atlantiques du nord-ouest de l'Afrique font partie des rares stocks considérés comme non pleinement exploités. Cependant, comme ils fluctuent considérablement en fonction de facteurs environnementaux, la FAO recommande que ces stocks fassent l'objet d'une surveillance étroite et que leurs captures soient limitées (FAO 2017a). Cependant, la plupart des stocks situés au large des côtes européennes de l'Europe sont surexploités et en diminution constante, et le CIEM recommande de limiter les captures, par exemple, pour le golfe de Gascogne, ou, comme c'est le cas pour la mer Cantabrique et les eaux ibériques de l'Atlantique, doit être égal à zéro (ICES 2017abc). Des conseils similaires sont donnés pour les stocks méditerranéens par la FAO (FAO 2017b). La plupart des stocks pour lesquels des informations suffisantes sont disponibles (par exemple la mer d'Alboran, le nord de l'Espagne, le golfe du Lion, le sud de la Sicile, la mer Adriatique, la mer Égée) sont soit déséquilibrés, soit en surexploitation ou exploités, et la FAO recommande dans tous les cas de réduire la pression de la pêche. (FAO 2017b).

Nous avons collecté des données permettant d'estimer les paramètres caractéristiques de chaque population, notamment la répartition par âge, les paramètres de croissance, la mortalité naturelle, la mortalité totale et la mortalité par pêche. Par la suite, les modèles de prévision du rendement relatif par recrue de Beverton et Holt et la méthode de Thompson et Bell ont été appliqués pour explorer la relation entre l'effort de pêche et le rendement. Notre analyse peut être utilisée pour élaborer un plan de gestion garantissant une utilisation durable des stocks de poisson algériens.

1. Méthodes d'étude

1.1. Détermination des paramètres d'exploitation

1.1.1. Mortalités

1.1.1.1. Mortalité totale (Z)

Z est défini comme le coefficient instantané de mortalité totale, avant d'estimer séparément la mortalité par pêche et la mortalité naturelle, il est commode d'évaluer la mortalité totale (Gulland, 1969). A l'aide des méthodes de courbe de capture linéarisée basée sur les données de composition en longueurs (Sparre et Venema, 1998, par. 4.4.5). La méthode de Jones et van Zaling (Sparre et Venema, 1998, par. 4.4.6) a été réalisée à l'aide du

package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) du code source ouvert du logiciel R (R 3.1.2 Language Environment 2013).

1.1.1.2. Mortalité naturelle (M)

Une estimation du coefficient de mortalité naturelle, bien que l'un des paramètres les plus difficiles à estimer (Bouaziz *et al.* 2014). Ce coefficient exprime la mortalité due à toute cause autre que la pêche (prédation, maladies ou vieillissement).

L'estimation de ce paramètre est nécessaire pour mettre en œuvre la plupart des modèles de gestion des stocks (Pauly, 1984). Nous avons utilisé l'équation de Djabali *et al.* (1994):

$$\log_{10} M = 0,0278 - 0,1172 \log_{10} L^{\infty} + 0,5092 \log_{10} K.$$

1.1.1.3. Mortalité par pêche (F)

Connaissant M et Z, le taux de mortalité par pêche peut être déduit de la relation : $Z=M+F$.

Le taux d'exploitation (E) est défini par Pauly (1985) comme étant la quantité :

$$E = F / (F + M) = F / Z$$

Ce taux permet à lui seul d'estimer (grossièrement) si un stock est surexploité ou non, à partir de l'hypothèse que la valeur optimale de E (E opt) est voisine de 0,5; cette hypothèse, $E \approx 0,5$ = taux d'exploitation optimal, repose elle-même sur une autre hypothèse, à savoir que la prise équilibrée potentielle est optimisée quand $F \approx M$ (Gulland 1971, in Pauly,1985).

1.1.2. Recrutement et sélection

Les poissons de tailles ou d'âges divers ne subissent pas tous la même mortalité par pêche: les petits peuvent s'échapper à travers les mailles d'un filet, ou ne pas se trouver dans la principale zone exploitée. Il est utile de distinguer l'élément provenant uniquement du comportement (au sens le plus large) des animaux mêmes - recrutement - et celui qui est dû à la sélectivité de l'engin de pêche (Gulland, 1969). Le recrutement est le processus par lequel un groupe d'âge arrive pour la première fois dans une pêcherie. La sélection est le phénomène d'entrée progressive du poisson dans les captures (Bougis, 1976).

1.1.2.1. Taille de recrutement (L_r)

D'après Sparre et Venema (1996), le recrutement est le déplacement des poissons des zones d'alevinage ou de frais vers les lieux de pêches.

Selon Bougis (1976), le recrutement ne s'opère pas en bloc : les poissons n'arrivent pas simultanément à un âge fixe sur la pêcherie ; le phénomène revêt l'allure d'une courbe sigmoïde du pourcentage des effectifs cumulés en fonction des centres de classe, avec un intervalle constant. La taille moyenne de recrutement L_r est limitée par deux bornes (L_1 et L_2), au-dessous de L_1 aucun poisson n'est recruté, au-dessus de L_2 tous les poissons sont recrutés et entre L_1 - L_2 , le pourcentage de poissons recrutés est égal à l'ordonnée de la courbe. L'âge moyen de recrutement (t_r) est déduit de nos résultats sur la croissance à partir de l'équation de Von Bertalanffy (1934, in. Sparre et Venema, 1996).

1.1.2.2. Taille de sélection (L_c)

L'ogive de sélection d'engin a été estimée à partir d'une courbe de capture linéarisée basée sur des données de composition en longueurs (Sparre et Venema 1998, par. 6.5).

1.2. Analyse des populations virtuelles

La VPA (Virtual Population Analysis) est une méthode faisant appel aux populations capturées. Elle consiste à analyser ce que l'on peut observer, la capture, de manière à estimer la population qui devrait se trouver en mer pour produire cette capture. L'effort de pêche (F) par classe de taille ou d'âge est inconnu et doit être déterminé et obtenu, en procédant à des itérations, ou par l'emploi de tables appropriées.

La méthode de Jones (1983) est basée sur la longueur et ne nécessite que les paramètres L_∞ , K et M ainsi que les paramètres "a" et "b" de la relation taille-poids, contrairement aux autres méthodes qui, elles, requièrent beaucoup plus de paramètres.

La procédure de calcul de l'analyse des cohortes sont expliquées par Sparre et Venema (1996) (par. 5.3). L'exécution de la méthode a été effectuée à l'aide du package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) du logiciel R. Cependant, il est à souligner qu'une transformation des effectifs échantillonnés en captures pour les ramener vers la production annuelle était nécessaire. Les valeurs de la production moyenne par espèce, données du ministère de la pêche et les ressources halieutiques (MPRH, 2018).

L'analyse de cohorte de longueur (Jones, 1981) a été appliquée à l'aide de différents terminaux F , mais le taux d'exploitation considéré (F/Z terminal) est égal à 0.5.

1.3. Modèles prédictifs

Le modèle de rendement relatif de Beverton-Holt et la méthode de Thompson et Bell basées sur La longueur maximale a été utilisée pour estimer l'effort maximal soutenable (Sparre et Venema, 1998,126 par. 8.5 et 8.7), et de simuler l'effet d'une modification de l'effort de pêche sur le profit économique.

Le package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) a été utilisé pour l'application des deux modèles.

1.3.1. Modèle de Beverton-Holt (1957)

Le modèle de Beverton et Holt (1957) nous renseigne sur les modifications du rendement pondéral par recrue pour une mortalité naturelle M déterminée, en fonction de la mortalité due à la pêche F et de la taille à la première capture Lc (Daget, 1976).

Le recrutement et le rendement correspondent respectivement au nombre initial d'individus de la première classe, et le poids total de la capture. Ainsi, le rendement par recrue peut être obtenu en divisant la capture totale par le nombre de recrues calculées par la VPA.

Le modèle transformé en longueur est défini par l'équation suivante

$$Y/R = F * A * W_{\infty} * \left[\frac{1}{Z} - \frac{3U}{Z+1} + \frac{3U^2}{Z+K} - \frac{U^3}{Z+K} \right] \text{ avec}$$

$$A = \left[\frac{L_{\infty} - L_c}{L_{\infty} - L_r} \right] M/K \text{ et } U = 1 - L_c/L_{\infty}$$

1.3.2. Modèle prédictif de Thompson et Bell (1934)

Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934) est conçu pour l'évaluation des stocks de poissons à partir des captures en nombre par âge ou par classe de taille.

Le groupe d'équations suivantes résume sous une forme générale les données d'entrée et de sortie et les formules correspondant au modèle de Thompson et Bell fondé sur la longueur, y compris X (facteur de F) ; l'indice i renvoie à l'intervalle de longueur (L_i, L_{i+1}) ; l'indice L_i renvoie à la limite inférieure de cet intervalle de longueur, L_{i+1} renvoyant à la limite supérieure.

Intervalle de longueur : $i = (L_i, L_{i+1})$

Afin d'appliquer le modèle, on aura besoin de :

- classes de taille, et centres de classes.

- nombre de poissons dans la plus petite classe de taille (déterminées à partir de la population virtuelle).
- les mortalités par pêche (F par classe de taille) (déterminées à partir de la population virtuelle)
 - le facteur HL obtenue à partir de la population virtuelle
 - données supplémentaires :
 - ❖ poids des poissons par classe de taille (W_m).
 - ❖ valeur marchande (V_t) qui est le prix en Kg/classe de taille.

A partir de ces données on pourra déterminer :

- Le nombre de survivants par classe de longueur:

$$N(L_{i+1}) = N(L_i) * [1 / H_{Li} - (X * F_i / Z_i)] / [(H_{Li} - (X * F_i) / Z_i)]$$

Avec: $H_{Li} = [(L_{\infty} - L_i) / (L_{\infty} - L_{i+1})]^{M/2K}$

- L'effectif des capturés au cours de chaque période: $C_i = [N(L_i) - N(L_{i+1})] * X * (F_i / Z_i)$

- Le poids moyen de la classe i : $W_{im} = q * [(L_i + L_{i+1}) / 2]^b$

- La production : $Y_i = C_i * W_i$

- La valeur de la production $V_i = Y_i * V_i$

- Le nombre moyen des survivants de la classe i : $N_{im} * \Delta t_i = [N(L_i) - N(L_{i+1})] / Z$

- La biomasse moyenne de la classe correspondante : $B_{im} = N_{im} * \Delta t_i * W_{im}$

- La production annuelle est la somme de la production de l'ensemble des classes de longueur.

On peut obtenir des nouvelles valeurs de F en le multipliant par un facteur (x), alors des nouvelles valeurs du coefficient de mortalité totale Z_i

$$Z_i = M + X * F_i$$

Il est à noter que les calculs sont réalisés à partir de la plus petite classe et poursuivis jusqu'à la dernière classe. Et que Le nombre des survivants de la classe la plus jeune considéré pour l'application de ce modèle est un nombre calibré, estimé par la VPA comme on l'a mentionné auparavant.

Le résultat final concerne une valeur de X (facteur de F). On répétera les calculs pour différentes valeurs de X afin d'obtenir les valeurs correspondantes de la production totale, la biomasse totale et de la valeur totale.

2. Résultats

2.1. Mortalités et taux d'exploitation

La mortalité totale Z a été estimée à l'aide du package TropFishR (Mildenberger *et al.* 2017) du code source ouvert du logiciel de statistique R. Les courbes de captures obtenues pour chaque espèce sont représentées par la figure IV.1.

Les valeurs du coefficient de mortalité totale (Z), ainsi que celle de la mortalité naturelle (M) sont consignées dans le tableau **IV.1**. Néanmoins, Il convient de signaler que la mortalité naturelle est considérée comme constante avec l'âge.

Tableau IV.1. Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de Jones and van Zaling pour les espèces étudiées dans la région ouest algérienne.

Espèces	Z (an^{-1})	M (an^{-1})	F (an^{-1})	E
<i>S. pilchardus</i>	0.87	0.329	0.541	0.622
<i>S. aurita</i>	0.68	0.338	0.342	0.503
<i>B. boops</i>	0.79	0.240	0.55	0.696
<i>T. trachurus</i>	0.69	0.259	0.431	0.625

Les mortalités naturelles les plus élevées sont observées chez *S. aurita* et *S. pilchardus* alors que la plus faible valeur de M , a été enregistrée chez *B. boops*.

Ainsi, le coefficient de mortalité par pêche (F) de toutes les espèces a été estimé à partir des valeurs calculées de Z et de M , ses valeurs oscillent entre de $0,34 \text{ an}^{-1}$ (*S. aurita*) à $0,55 \text{ an}^{-1}$ (*B. boops*). Les valeurs relatives au taux d'exploitation sont supérieures à 0.5 pour les quatre espèces avec un maximum enregistré chez *B. boops*.

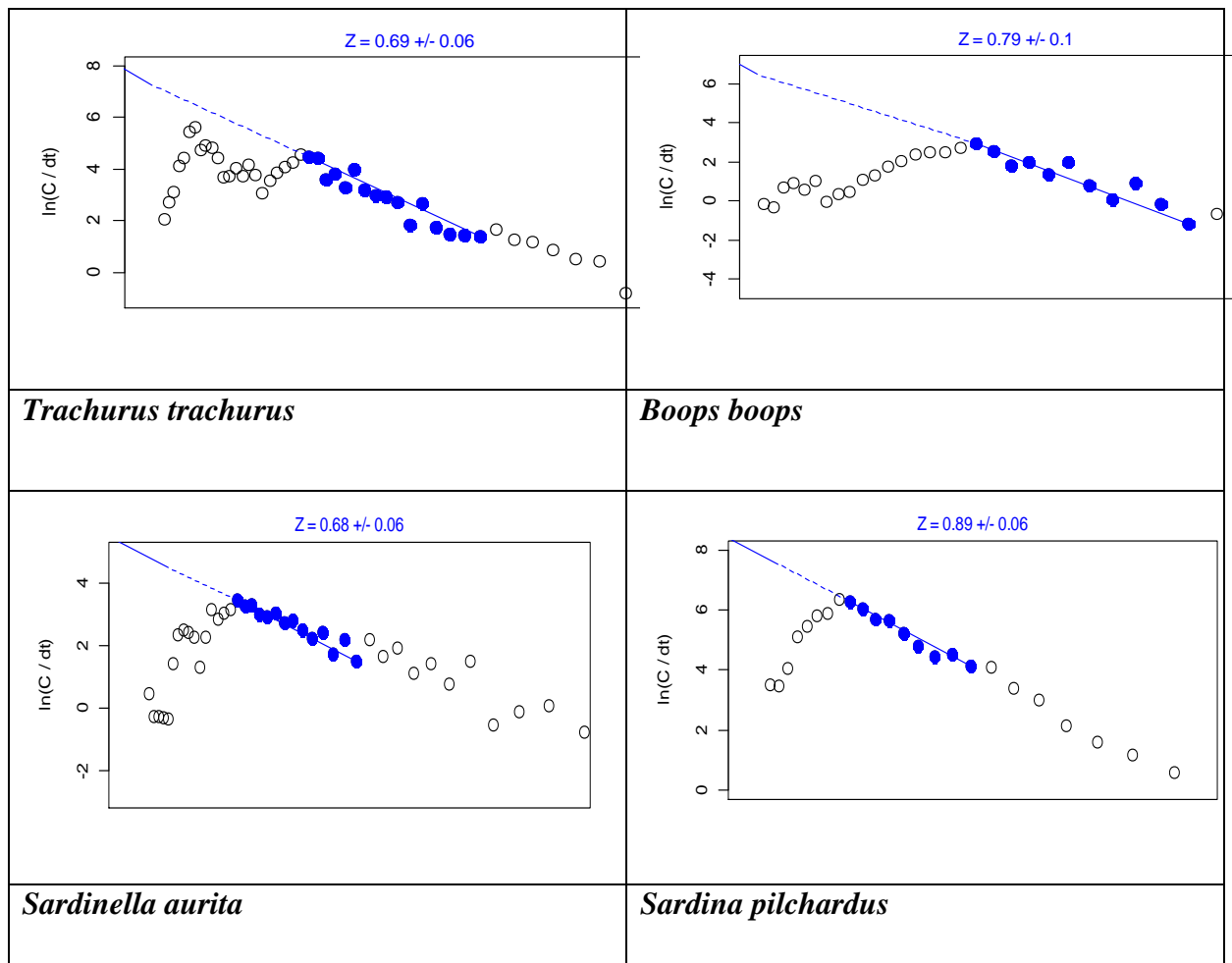


Figure IV.1 : Coefficient de mortalité totale (Z) estimé avec la méthode de Jones and van Zaling pour les espèces étudiées dans la région ouest algérienne.

2.2. Tailles de recrutement et de sélection

La figure IV.2 représente les probabilités de captures (P) en fonction des âges théoriques ou conventionnels (t_i') et de la relation $\ln(\%n_i) = a t_i' + b$, ce qui permet l'estimation de L25, L50 et L75 pour les quatre espèces. La taille de sélection L50 (cm) est obtenue à partir de l'âge de sélection t_{50} (âge auquel l'efficacité de sélection nette est de 50%), ce dernier correspond à l'abscisse au point d'ordonnée 50%. Les tailles moyennes de première capture (L50) déterminée pour les quatre espèces sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.2. Tailles moyennes de première capture (L50) et tailles de recrutement

Espèces	L50 ou LC (cm)	Lr (cm)
<i>S. pilchardus</i>	10,91	8
<i>S. aurita</i>	12.95	6
<i>B. boops</i>	17.10	9.5
<i>T. trachurus</i>	16.78	6.5

Une remarque s'impose quant à l'estimation des tailles de recrutement pour les quatre espèces ; en effet, il est à signaler qu'il ne nous a été pas possible de déterminer ce paramètre en raison de manque de données sur le recrutement des espèces étudiées dans notre région. Les valeurs considérées correspondent à la plus petite taille échantillonnée pour chaque espèce.

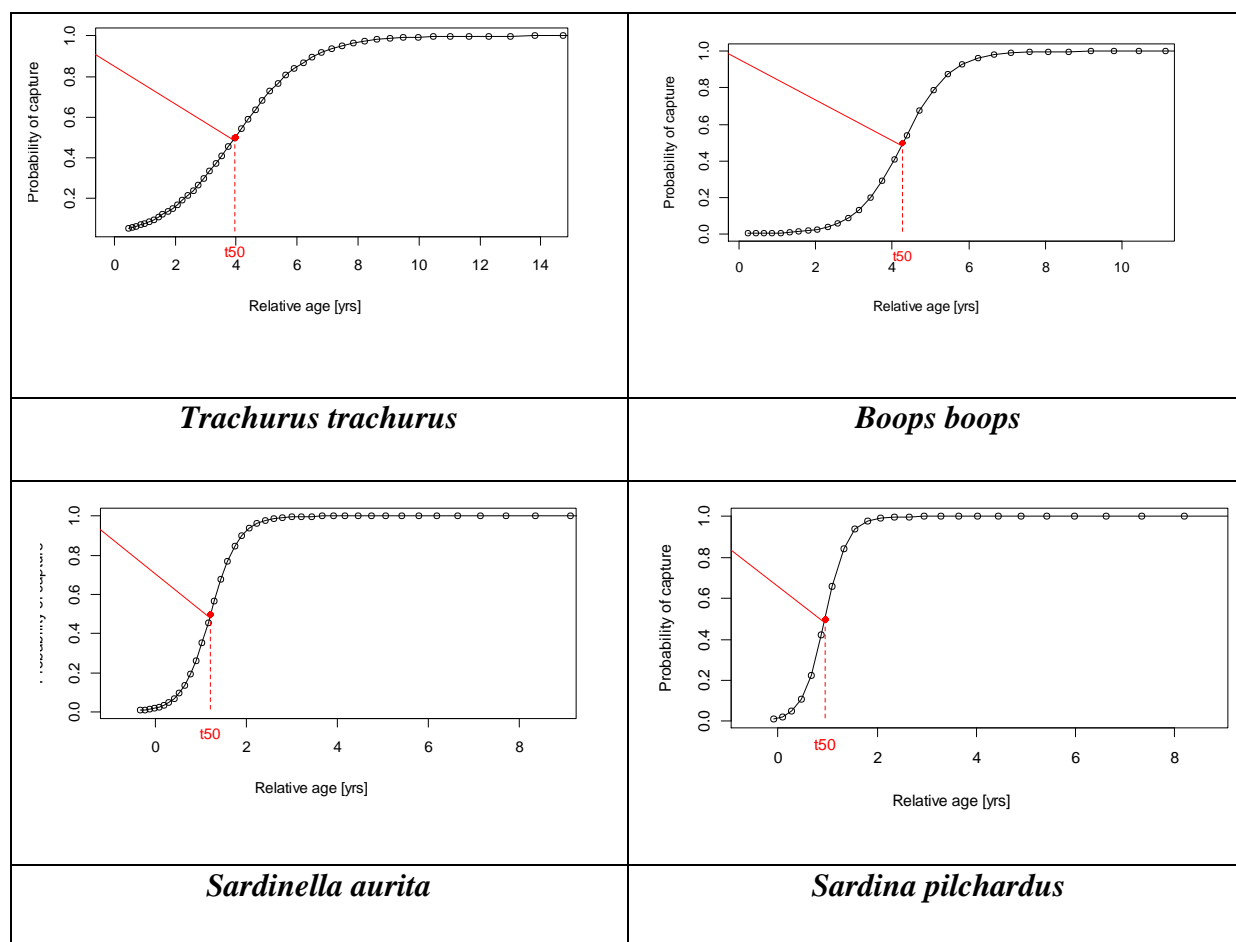


Figure IV.2. Probabilités de captures (P) en fonction des âges.

2.3. Analyse des populations virtuelles

Les valeurs des paramètres utilisés pour l'application de l'analyse des cohortes de Jones (1983) fondée sur la longueur, sont regroupées dans le tableau IV.3.

Les résultats de l'analyse des cohortes fondée sur la longueur, appliquée aux quatre espèces de petits pélagiques sont représentées dans le tableau 5 (annexes). et illustrées par la figure IV.3.

Tableau IV.3. Captures moyennes annuelles (2014-2017) et paramètres d'entrée utilisés pour l'analyse des populations virtuelles.

Espèces	Captures (Tonnes)	Indices de croissance					Mortalité
		L_{∞}	K	t_0	a	b	F terminal
<i>S.pilchardus</i>	16852.5	22.36	0.2037	-2.3400	3.0238	0.0067	0.5
<i>S. aurita</i>	2779.68	28.88	0.2278	-1.3930	3.2545	0.003	0.5
<i>B.boops</i>	2779.68	30.04	0.1173	-2.9187	3.2658	0.0039	0.5
<i>T.trachurus</i>	13852.2	33.48	0.1394	-1.0293	3.2137	0.0041	0.5

Une remarque s'impose quant aux valeurs de la mortalité par pêche en phase terminale, en effet, il convient de signaler que plusieurs analyses ont été effectuées avec plusieurs valeurs de F terminal. Les résultats de l'analyse montrent qu'il n'y a pas de différence significative sur les estimations (Fig.IV.4).

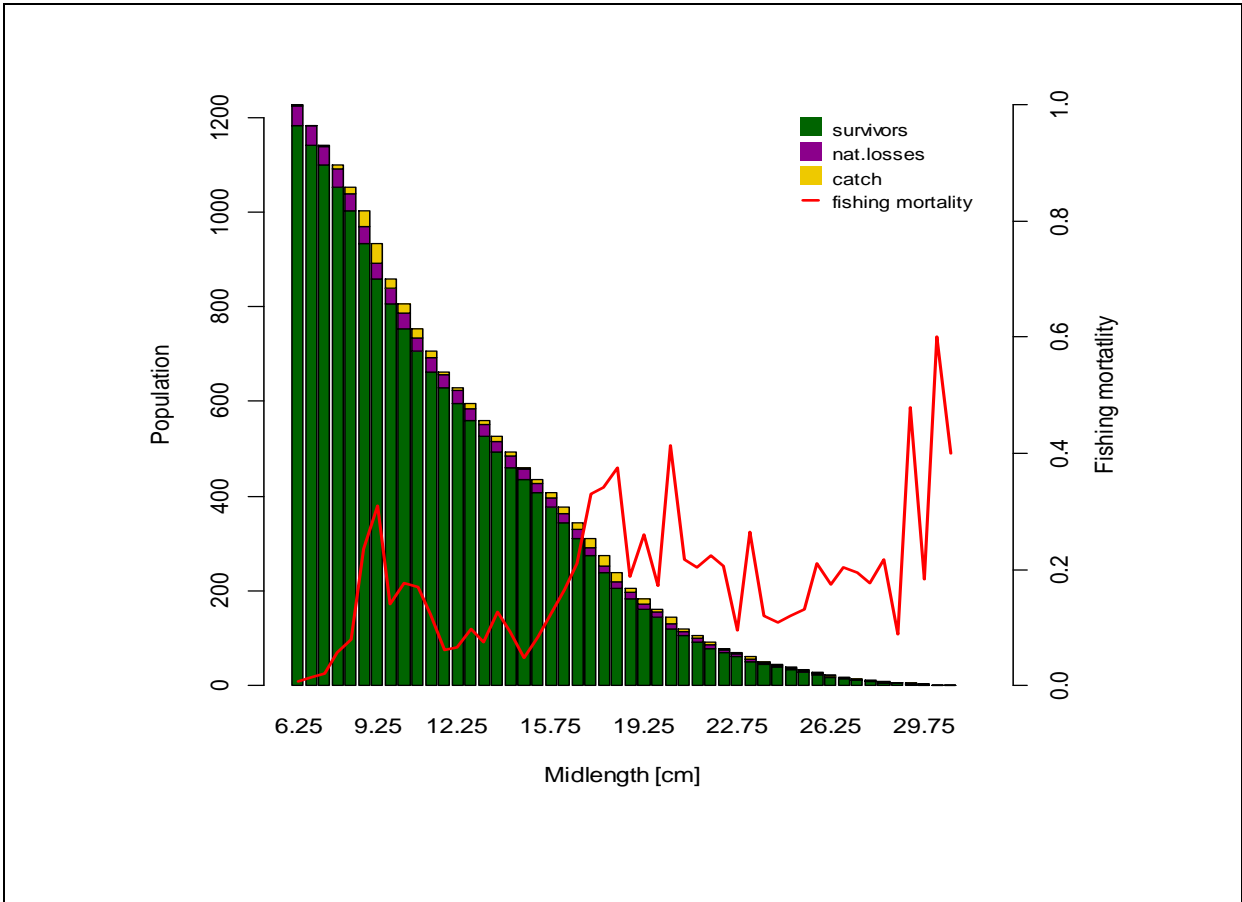
L'analyse des résultats de la VPA fait apparaître les observations suivantes:

- les plus importantes captures sont concentrées dans les gammes de taille [9- 9.5 [et [17-20[cm pour *Trachurus trachurus* ; et entre [18-21[pour *Boops boops*. *S. pilchardus* quant à elle, marque les captures les plus importantes à des tailles supérieures à 12cm ; tandis pour *S. aurita*, les tailles comprises entre 11 et 18 cm correspondent aux tailles les plus représentées par les captures.

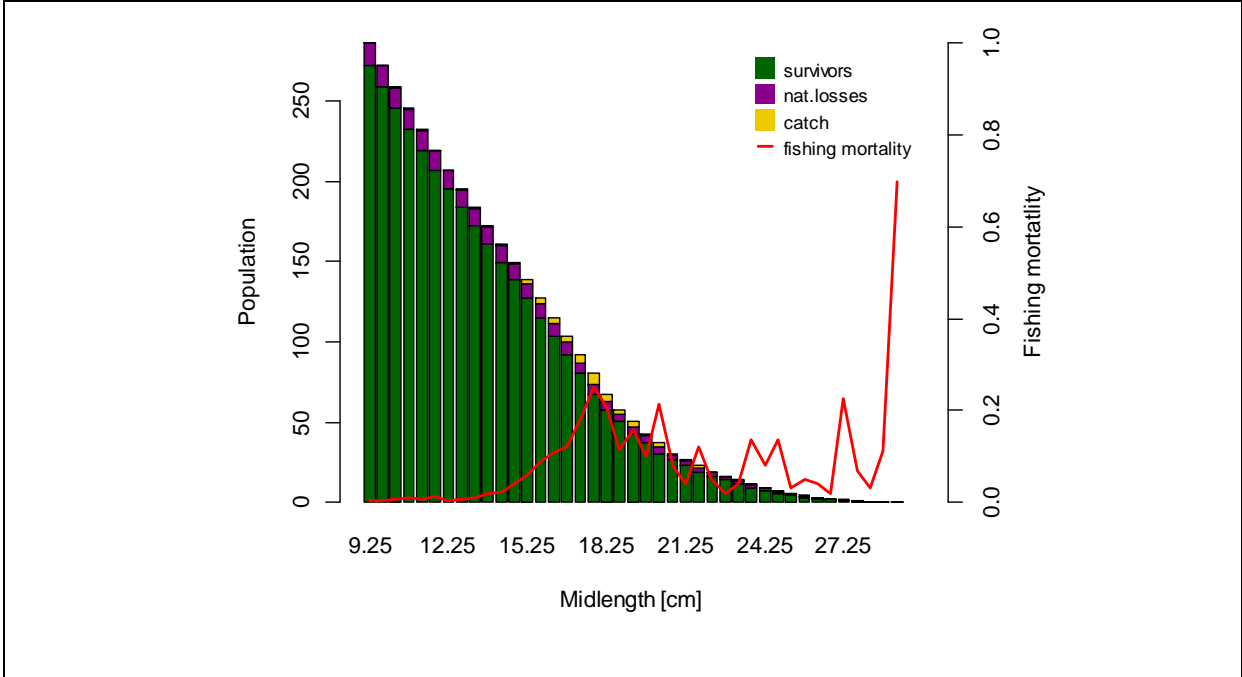
- le maximum de rendement correspond à la classe [9-9.5[pour *S. pilchardus*; [14-14.5[pour *S. aurita* et aux casses [18-18.5],[9-9.5[respectivement pour *Boops boops* et *Trachurus trachurus*

L'évolution de l'effort de pêche renseigne sur les classes de taille les plus atteintes par la pêche : si les classes jeunes sont ciblées, les adultes (stock reproducteur) subissent aussi

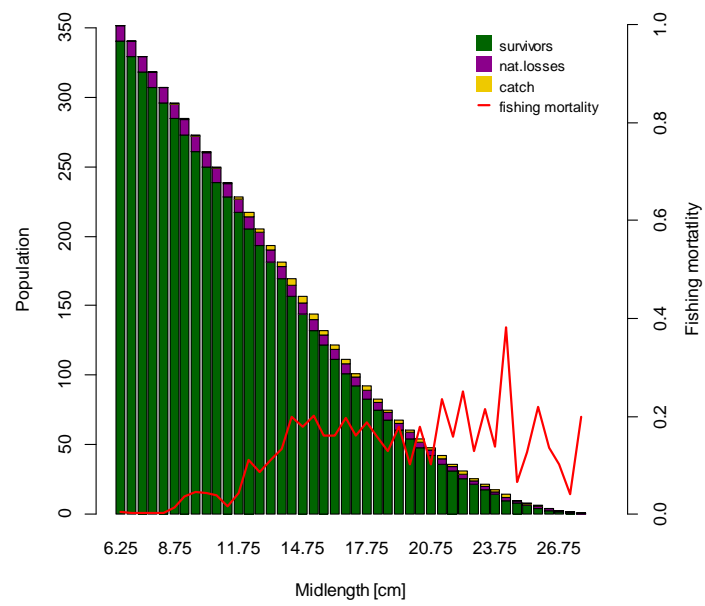
une trop forte pression de pêche. Cette situation traduit une situation d'exploitation menaçante pour le stock: il serait souhaitable d'instaurer des mesures de gestion afin de permettre aux stocks de grandir et de se renouveler.



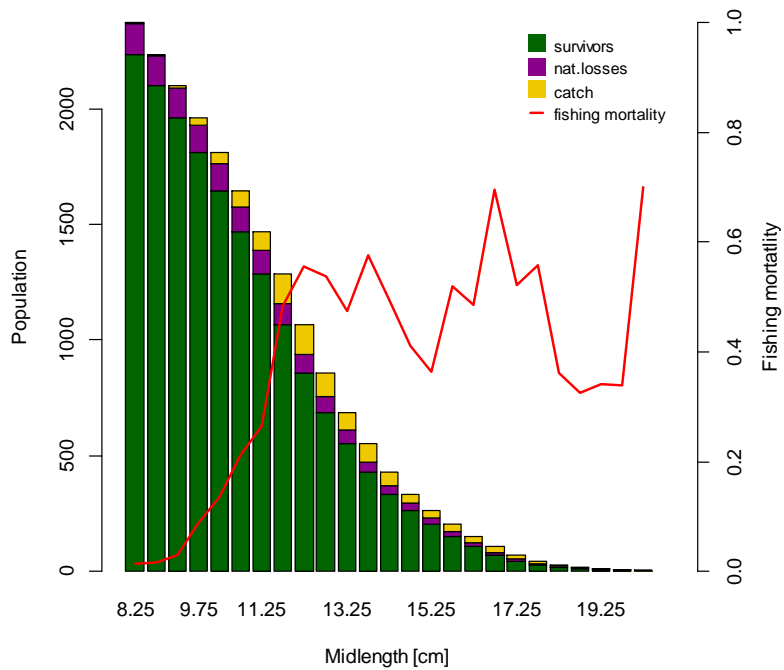
Trachurus trachurus



Boops boops



Sardinella aurita



Sardina pilchardus

Figure IV.3. Résultats de l'analyse des cohortes fondée sur la longueur, appliquée aux quatre espèces de petits pélagiques.

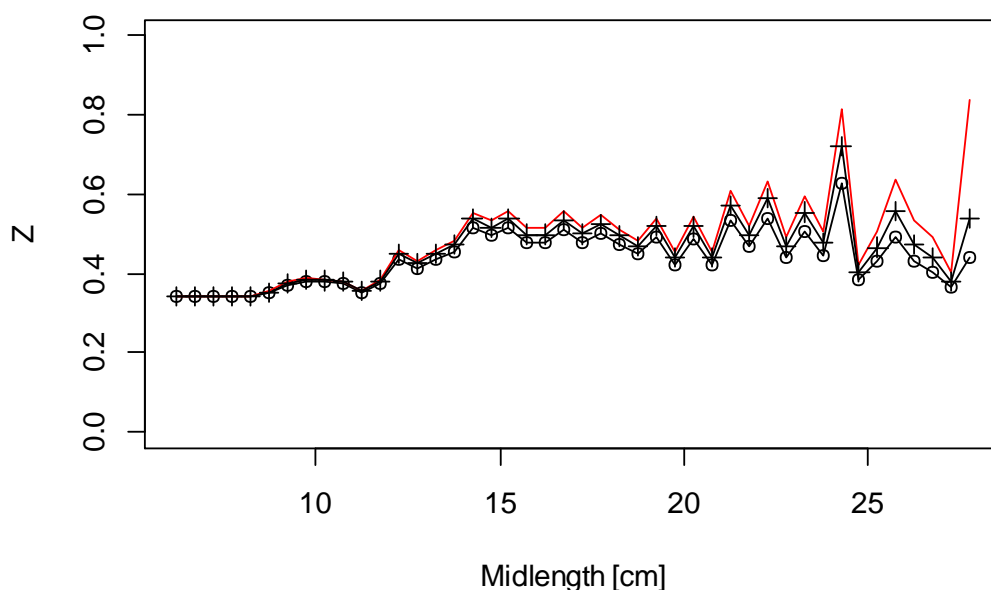


Figure IV.4. Mortalité totale obtenue par la méthode de VPA en fonction de F terminal.

2.4. Modèles prédictifs

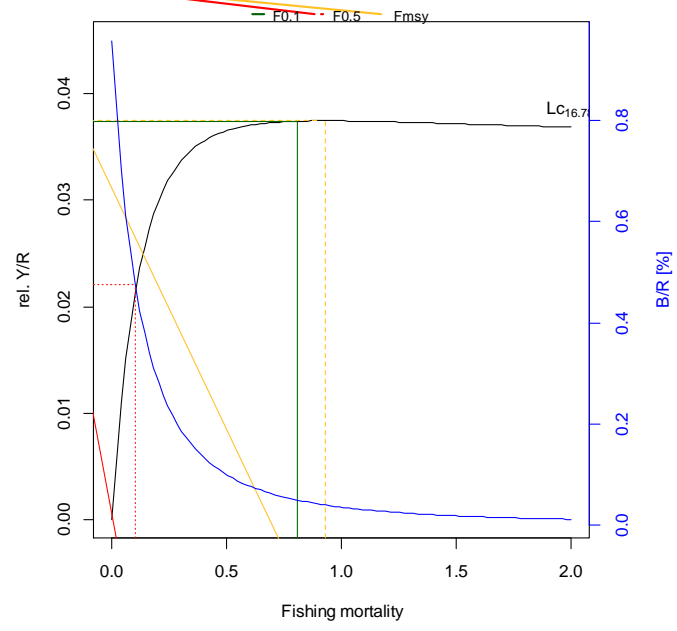
2.4.1. Le modèle de Beverton-Holt (Production par recrue à partir de données de longueur)

L'application de méthode du rendement par recrue de Beverton dénote la même allure pour les quatre stocks étudiés ; en effet, l'analyse des courbes nous informe sur les faits suivants ;

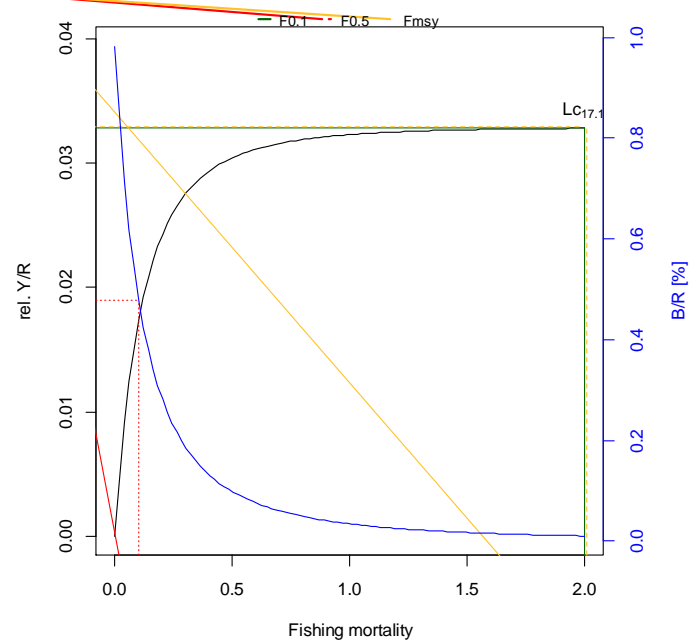
- Sauf pour la bogue *B. boops*, le niveau actuel de l'effort de pêche (F autour de 0,5-0,6 an⁻¹) dépasse le niveau donnant le rendement maximal durable pour les trois espèces, indiquant ainsi que les stocks sont surexploités.

- A une taille de capture constante, la production augmente lorsque l'effort de pêche croit jusqu'à un seuil (MSY) puis elle tend à chuter.

- Le rendement relatif maximum (Y'/R) est de 0.037 g par recrue chez le chinchard, pour un effort de pêche de 0.9 et une taille de première capture de 16.7cm. Tandis qu'il est de l'ordre de 0.034 g pour un effort de pêche de 2 pour *B. boops*. *S. pilchardus* quant à elle, a enregistré un rendement maximum de 0.045 g pour un effort de 0.9 alors que *S. aurita* marque son maximum à 0.6 d'effort de pêche 0.049 g



Trachurus trachurus



Boops boops

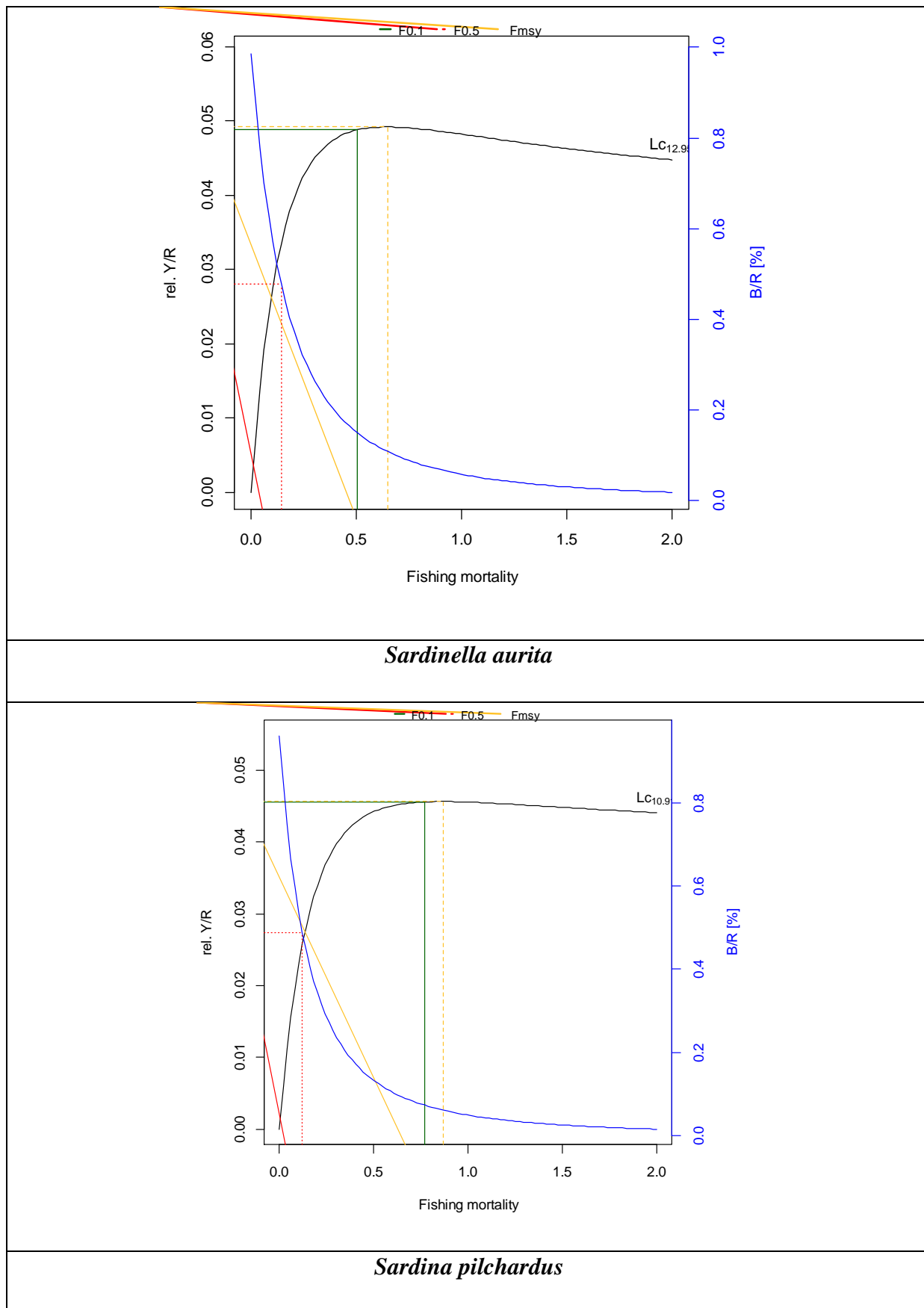


Figure IV.5. Résultats de l'analyse du rendement par recrue de Beverton.

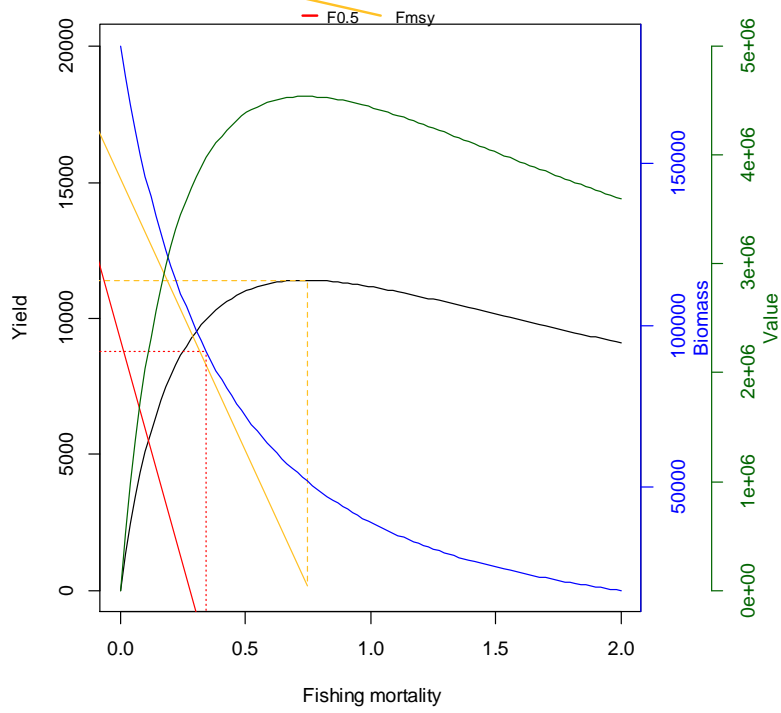
2.4.2. Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934)

Les résultats de l'analyse de Thompson et Bell, fondée sur la longueur, appliquée aux stocks des petits pélagiques sont représentés par la figure IV.6.

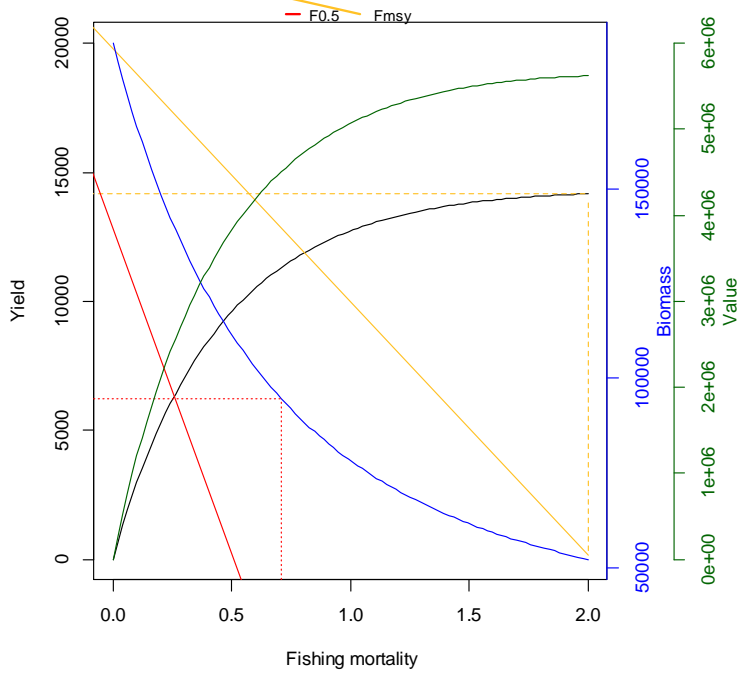
Les résultats montrent également que le niveau présent de l'effort de pêche est supérieur à celui qui correspond au MSY pour *Sardinella aurita* ($X=1.2$) et *Boops boops* ($X=2$). Ceci indique une situation de sur exploitation de ces stocks. Alors que le niveau du présent effort de pêche pour le stock de *Sardina pilchardus* est égal à celui qui correspond au MSY. Ceci indique que l'exploitation de ce stock est à son niveau optimum. Le stock de *Trachurus trachurus* et celui de *B. boops* semblent être sous exploités ; à savoir l'effort de pêche actuel est inférieur au FMSY.

La production maximale économique équilibrée (MSE) est obtenue à des facteurs de F inférieurs à ceux correspondant à MSY, ceci montre que sauf pour le stock *T.trachurus*, le niveau présent de l'effort de pêche est supérieur au FMSE.

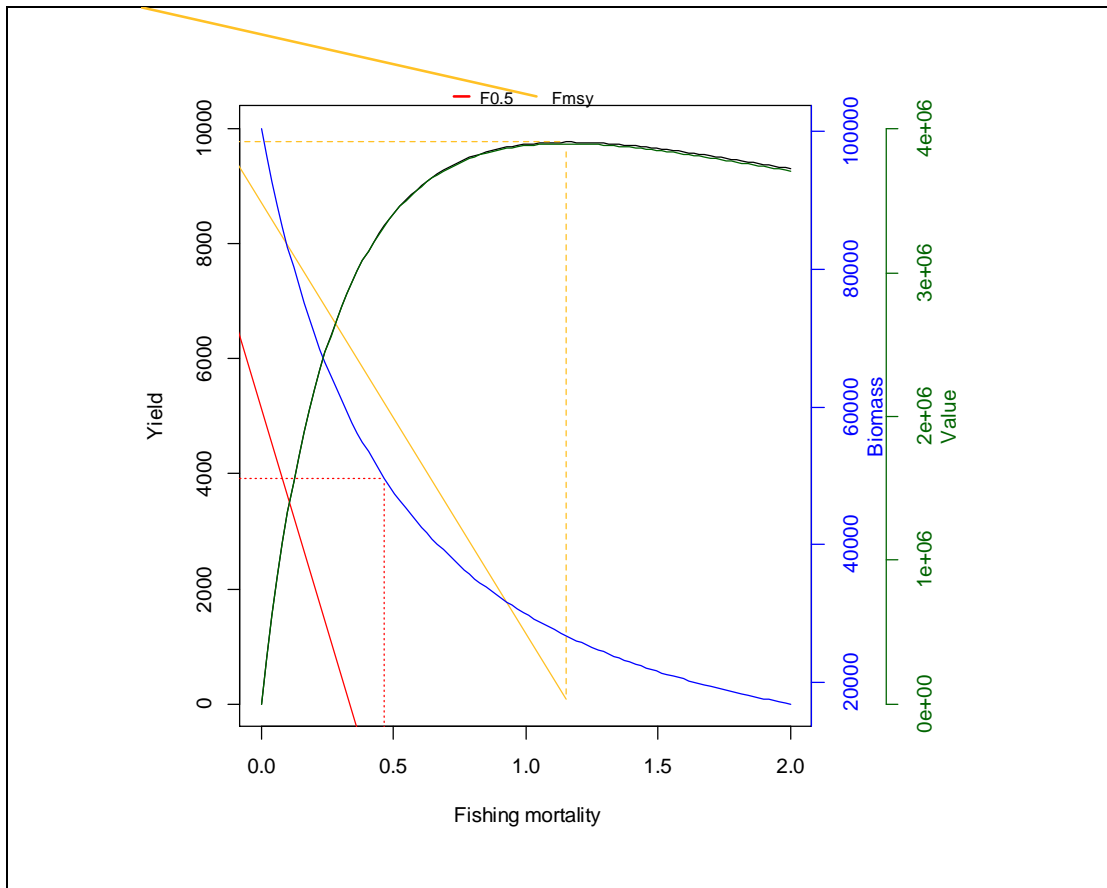
Le modèle préconise une diminution de l'effort pour un meilleur rendement économique : selon Hemida (2005) il est préférable de tenir compte de la prédiction du modèle, en se basant sur la MSY, et non pas sur la MSE, car plus prudente.



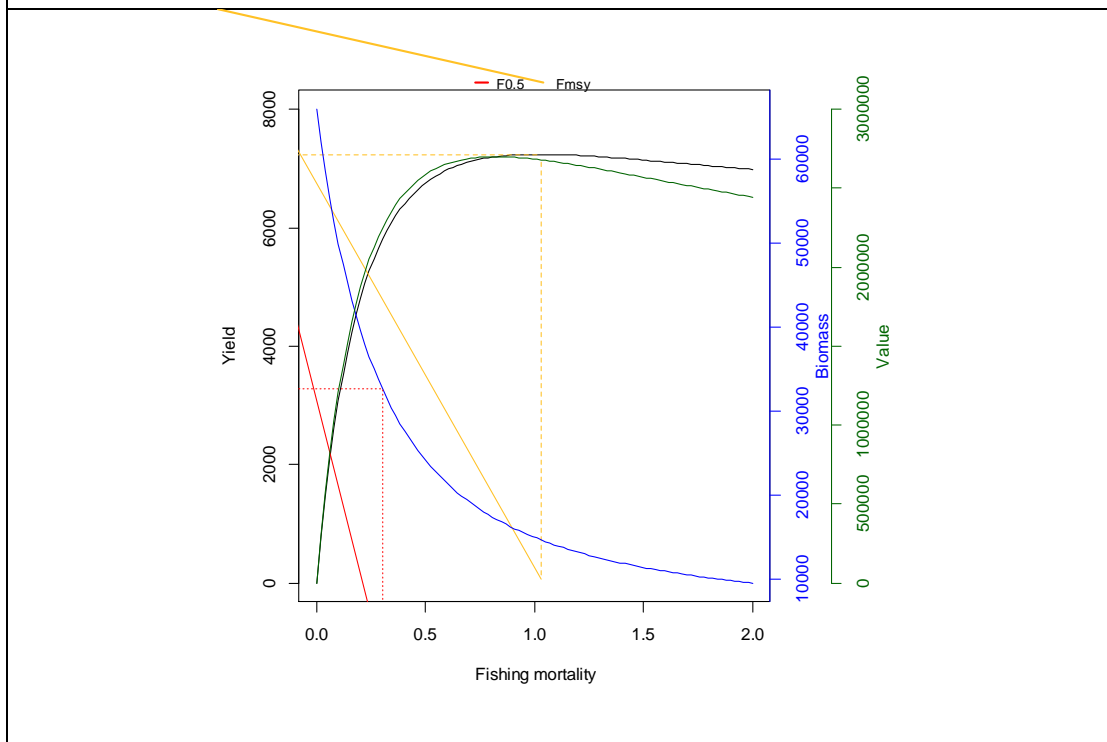
Trachurus trachurus



Boops boops



Sardinella aurita



Sardina pilchardus

Figure IV.6. Résultats de l'analyse de Thompson & Bell.

Discussion

Dans la présente partie, l'étude de la dynamique des populations des stocks de petits pélagiques a été effectuée afin d'expliquer le déclin des captures enregistrées la dernière décennie pour ensuite assurer une meilleure gestion des pêcheries.

La valeur de la mortalité par pêche (F_{max}), qui maximise le rendement par recrue, est généralement très élevée. Notre étude montre clairement que le stock est pleinement exploité. Une augmentation de l'effort ne donnerait pas un rendement significativement supérieur (Fig.IV.5). Bien que l'analyse du rendement par recrue ne fournisse pas des signes évidents de surpêche, la baisse des captures survenue pendant la période d'observation est un signal d'avertissement. L'effort de pêche n'ayant augmenté qu'au cours de cette période (le nombre de chalutiers sont passés de 403 en 2005 à 542 en 2014 et le nombre de senneurs a augmenté de 836 à 1255 au cours de la même période), les stocks doivent avoir diminué, ce qui peut avoir été le résultat de recrutement réduit en raison de faibles stocks ou de conditions environnementales défavorables.

Notons que nos analyses ne portaient que sur la surpêche de croissance et non sur la surpêche de recrutement.

La mortalité par pêche estimée autour de 0,5 à 0,6 année⁻¹ est comparable aux estimations pour les autres stocks méditerranéens. L'estimation pour la mer d'Alboran, bien que incertaine, est de $F = 0,73$ (FAO 2017b), pour la mer Égée, il varie entre 0,52 et 0,88 (Antonakakis *et al.* 2011, FAO 2017b).

La mortalité par pêche en mer Adriatique est passée d'environ 0,3 à environ 1,4 au cours des trois dernières décennies (FAO 2017b). La recommandation de la FAO pour toutes ces zones est de réduire la mortalité par pêche (FAO 2017b). La mortalité par pêche dans la mer Cantabrique et dans les eaux ibériques de l'Atlantique a fluctué entre 0,2 et 0,6 au cours des quatre dernières décennies, alors que le CIEM a établi le point de référence de précaution pour la mortalité par pêche de ces stocks égale à $F_{pa} = 0,19$. Le conseil actuel du CIEM n'a aucune prise (ICES) 2017c).

Sparre et Venema (1998) ont déclaré qu'une prédiction exacte du futur recrutement et donc des rendements futurs ne sont généralement pas possibles. Pour les petits pélagiques, les relations stock-recrutement sont très difficiles à obtenir. Sharp et Csirke (1983) ont également noté que l'abondance des petits pélagiques dans les zones d'upwelling, dépendent aux facteurs environnementaux au-delà du contrôle de toute interférence humaine.

Conclusion

Un taux d'exploitation élevé des espèces de petits pélagiques, caractérisées par une courte durée de vie et une grande vulnérabilité des recrues aux conditions environnementales pourraient facilement provoquer leur effondrement.

Bien que nos estimations de la mortalité par pêche se comparent bien au niveau de points de référence de précaution habituels, nous recommandons toujours de diminuer le niveau actuel d'exploitation. La mise en œuvre de cette recommandation devrait aboutir à un rendement durable à long terme, non loin du Maximum, tout en assurant le renouvellement des stocks des petits pélagiques exploitable dans la région occidentale de la côte algérienne.

L'évaluation, fournie par le modèle de rendement relatif par recrue et basée sur une longueur analyse de cohorte, peut aider à comprendre la fluctuation des stocks par rapport à la pression de pêche .

Le présent chapitre contribue à la connaissance de la dynamiques des petits pélagiques dans la région occidentale de l'Algérie. C'est une première étape importante mais beaucoup d'autres mesures doivent être prises ; entre autres, le couplage du modèle bioénergétique DEB avec le modèle individuel de population (IBM couplés au modèle DEB) pourraient être appliqués à nos populations; comme signalé de Pethybridge *et al.* (2013): «il pourrait avoir un pouvoir de prévision suffisant pour fournir des informations destinées aux gestionnaires des ressources halieutiques et des écosystèmes ». De cette façon, nous pouvons obtenir de meilleurs résultats et une bonne compréhension de la variabilité du milieu marin et de ses effets sur la dynamique des stocks de petits pélagiques.

Ecologie

*L'écologie tend à combler le fossé que l'industrie a creusé entre l'homme
et les animaux.*

Emmanuel Berl

Chapitre V : Ecologie (Modélisation bioénergétique)

Introduction

En grande titre dans le journal du monde la théorie a été introduite par Pierre Le Hir (2009) comme suit : « Tout le vivant mis en équation : il s'agit de Trois lettre seulement pour décrire les mécanismes physiologiques de la totalité des êtres vivants, 3 lettres qui énoncent une théorie unificatrice presque aussi ambitieuse en biologie que le sont en physique celles de la relativité générale et de la mécanique quantique réunies: DEB pour Dynamiq enenergy budget en français le bilan d'énergie dynamique ».

C'est à la fin des années 70 qu'ont été posée les bases de cette théorie par le biologiste et mathématicien Bas Kooijman professeur à l'université d'Amsterdam 30 ans plus tard, elle n'est familière qu'un petit cercle de scientifiques mais elle gagne des adeptes parce qu'elle fait ses preuves dans de multiples domaines

Le DEB s'inscrit dans les divers approches bioénergétiques qui tente de formaliser la façon dont un organisme vivant utilise l'énergie qu'il puise dans la nature sous forme de nourriture pour les animaux et de lumière pour les plantes. Sa force est de proposer un modèle applicable à toutes les espèces Le postulat est que les processus physiologiques sont les mêmes quel que soit l'organisme considéré.

1. Méthodes d'étude

1.1. Description de la théorie DEB

Plusieurs ouvrages ont servi de base pour la synthèse du modèle DEB entre autres : Kooijman (2010), Pecquerie *et al* (2007) Lika *et al* (2011a) .

Le modèle DEB considère les organismes comme des volumes, composés de matière qui échangent de matière et d'énergie avec leur environnement ; Ils sont soumis aux lois de la physique de la chimie et de la thermodynamique. Ceci est important, parce que la loi de conservation de l'énergie et de la masse est l'une des rares dures lois disponibles en biologie.

La théorie DEB est compatible avec la physique et l'évolution.

Les principes physiques considérés ici sont:

- masse et l'énergie sont quantités conservées;
- tout processus de conversion d'énergie conduit à la dissipation;
- masse et flux d'énergie ne dépendent que de propriétés intensives;
- la Masse et le transport de l'énergie sont proportionnels aux surfaces car ils se produisent sur des surfaces.

Les principes de l'évolution prises en compte sont:

- organismes ont accru leur contrôle sur leur métabolisme au cours de l'évolution permettant une certaine adaptation aux changements environnementaux dans de courtes périodes;

- organismes héritent des caractéristiques des parents permettant une certaine l'adaptation aux changements environnementaux à travers les générations.

Un individu est représenté par quatre entités (variables d'état) : la structure, la réserve, la maturité et le compartiment reproduction. La réserve désigne l'ensemble des constituants de l'organisme disponibles pour un usage métabolique. Ce terme ne désigne pas une quantité de matière stockée pour une utilisation future. La structure quant à elle désigne l'ensemble des constituants de l'organisme qui sont nécessaires au fonctionnement de l'organisme et nécessitent un entretien (dégradation- synthèse des protéines par exemple).

La structure et la réserve obéissent à certaines règles. Leur composition est constante : il s'agit de l'hypothèse d'homéostasie forte. La composition totale de l'individu peut varier en fonction des conditions environnementales rencontrées mais lorsque les conditions sont constantes, le ratio réserve sur structure reste constant ; il s'agit de l'hypothèse d'homéostasie faible. Ce ratio définit la densité de réserve de l'individu, qui est une notion importante de la théorie. Elle intervient dans les étapes qui ont permis de définir la dynamique de la réserve.

La théorie DEB suppose qu'il n'y a pas de maintenance associée à la réserve. Aux stades embryon et juvénile, la structure et la réserve participent au poids de l'individu tandis que la maturité correspond à une énergie dissipée. Elle a le statut d'information et correspond à l'énergie investie par l'individu pour se complexifier jusqu' à acquérir la capacité de se reproduire au stade adulte. Le système immunitaire et le système hormonal par exemple sont des éléments que l'individu acquiert au cours de son développement ; la maturité ne concerne pas seulement le système reproducteur. Au stade adulte, l'individu stocke ensuite de l'énergie dans le compartiment reproduction. Ce compartiment reproduction contribue également au poids de l'individu et a la même composition que la réserve.

➤ 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.

1.2. Estimation des paramètres bioénergétique

Afin d'estimer les paramètres bioénergétique DEB et étudier leur effet sur les propriétés éco-physiologiques, on était confronté à la nécessité de télécharger les packages DEBtool et AmPtool sur le logiciel Matlab.

Quatre fichiers Matlab (.m) doivent être utilisés à cet effet :

- mydata_my_pet pour définir les données, estimer les paramètres et vérifier la qualité de l'ajustement.
- predict_my_pet pour quantifier la prédiction, à partir des valeurs des paramètres.
- pars_my_pet pour définir les valeurs des paramètres (copiés à partir de mydata) et évaluer les propriétés implicites.
- run_my_pet pour exécuter la procédure d'estimation

Pour chaque espèce, nous remplaçons le terme my_pet (mon animal) par le nom scientifique de l'espèce, exemple : Mydata_Sardinella_aurita...etc.

Étant donné que les fichiers permettent l'édition, le fichier predict peut spécifier un modèle plus détaillé que le modèle DEB standard et disposant de paramètres spécifiques aux données (par exemple, la taille ou l'âge d'un individu au début d'une expérience),

Les variables clés du cycle de vie pour le modèle "abj" sont calculés par la fonction « get_tj », cette fonction calcule l'assimilation, la mobilisation, le maintien somatique, le maintien de la maturité, la croissance, la reproduction et la dissipation des puissances pondérées en fonction de la longueur et des réserves pondérées. Ce cas est limité au cas particulier du modèle DEB 'abj', qui considère l'accélération du métabolisme pendant le stade larvaire, laquelle croît de manière exponentielle jusqu'à la métamorphose (voir Kooijman, 2010).

Nous avons appliqué la méthode de covariation pour l'estimation des paramètres DEB décrite dans Lika *et al.* (2011a, b), en utilisant deux types de données à savoir :

1.2.1. Données zero-variate

Qui sont de deux types :

- « données réelles » sont constituées des observations telles que le poids maximal, l'âge et le taux de reproduction ainsi que le poids et l'âge à la naissance, et à la puberté.
- «pseudo-données» se composent d'un ensemble de paramètres déterminés, à une température de référence de 20 ° C, à partir des estimations de paramètres d'une large gamme d'espèces (Kooijman, 2010). Le point culminant de ces deux types de données zéro variate limitent la plage de valeurs pour chaque paramètre estimé et permettre l'estimation des paramètres pour adapter réellement les observations (Lika *et al.*, 2011a).

Les pseudo-données observées sont des paramètres généraux standards de l'animal et elles sont constantes pour les cinq espèces étudiées. A partir de ces valeurs de départs, pour chaque espèce sera estimé une valeur théorique qui dépendra de la physiologie et donc de la stratégie énergétique adoptée pour chaque espèce.

Les stades de vie et les caractéristiques physiques des espèces étudiées utilisées pour la procédure d'estimation ont été obtenus à partir des prélèvements mensuels dans la région ouest du bassin algérien ainsi de la littérature (voir le tableau V.1).

L'âge, la taille et le poids à la naissance étaient obtenu à partir de la littérature ; quant à l'estimation de la taille à la maturité sexuelle, a été obtenu par l'étude de la reproduction (voir chapitre III par. 2.2.4.).

Nous travaillons sur un organisme ectotherme. A l'échelle de temps considérée, nous supposons que la température corporelle est celle de la température de la masse d'eau dans laquelle se trouve le poisson.

Des informations instantanées de la température de la surface de la mer (SST) ont été relevées via le capteur MODIS du satellite NASA (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sur notre zone d'étude. La température moyenne a été considérée dans le présent travail.

Tableau.V.1. Données zero-variate

Données	Code	Estimation	Unité	Description de la variable	Références
Age à la naissance	ab	4	d	Nombre de jours	Ré & Meneses; 2009
Longueur à la naissance	lb	4	cm	Longueur totale	
Poids à la naissance	Wwb	0.00018	g	Poids humide	
Age à la puberté	ap	600	d	Nombre de jours	
Longueur à la puberté	lp	11.3	cm	Longueur totale	
Longueur ultime	Li	22	cm	Longueur totale	
Longévité	am	8*365	d	Longueur totale	
Poids à la puberté	Wwp	9	g	Poids humide	
Poids ultime	Wwi	70	g	Poids humide	
Taux de reproduction maximum	Ri	1300	*/d	(fécondité absolue/365)	FishBase
Température	temp.a	19	k	T°+ 273.15	

1.2.2. Données Uni-variate

La collection "Add_my_pet" fournit un ensemble de routines pour estimer tous les paramètres de tous les ensembles de données disponibles simultanément. La méthode de covariation est basée généralement sur des ensembles d'observations chronologiques d'un organisme sous la forme de variables indépendantes (à savoir le temps) et variables dépendantes (à savoir longueur). Des coefficients de pondération sont attribués aux deux types de données : réelles et pseudo-données, ce qui reflète la certitude dans chaque ensemble de données, où un coefficient de pondération élevé suggère une grande confiance dans les

données utilisées (Lika *et al.*, 2011a). Ainsi, plus le poids est affecté aux données réelles que les pseudo-données, ainsi que sur les mesures de poids que les mesures de longueur. Très peu de poids est donné à la longueur à la naissance, étant donné la difficulté et l'incertitude associée à cette mesure.

De cette façon, toutes les informations interagissent à fournir un résultat le plus réaliste possible avec le moindre écart entre les valeurs prédites et celles observées, en minimisant la somme pondérée des différences au carré entre les deux (Lika *et al.* 2011a, b). Les routines de la collection `Add_my_pet` (écrites en MATLAB et en Octave) ont été utilisées pour estimer les paramètres DEB, ainsi que d'évaluer les valeurs obtenues par le critère (Erreur moyenne relative) (décrite dans Lika *et al.*, 2011a, b).

Un ensemble de données Uni-variate a été utilisé pour estimer les paramètres via la méthode de covariation (. Lika et al, 2011a, b) comprennent les observations effectuées sur le terrain à savoir: (i) la longueur par rapport aux poids (ii) la longueur vs l'âge (voir chapitre **III** par. **1.2.2.** & par **2.1.2**)

1.3. Stratégies bioénergétiques des petits pélagiques

Il y a de soit que les données prises pour une espèce variera probablement entre les emplacements géographiques ou expériences des laboratoires et peut être influencé par l'effet de la température et l'alimentation. Cela sera démontré en faisant une comparaison entre les paramètres bioénergétiques estimées pour les petits pélagiques. Cette comparaison nous permet de comprendre la stratégie de vie adoptée par notre espèce et sa sensibilité aux changements environnementaux.

1.4. Effet de la température sur la croissance

La physiologie d'un individu dépend de sa température corporelle. Dans le modèle DEB standard, la loi d'Arrhenius s'applique à l'ensemble des flux (Kooijman, 2000).

Tous flux physiologiques dépendent de la température (dérivée de la loi d'Arrhenius, 1889) qui décrit la vitesse d'une réaction chimique en fonction de la température.

La théorie DEB affirme que dans des conditions environnementales constantes, les paramètres Von Bertalanffy peuvent être exprimés sous forme d'une combinaison de certains paramètres physiologiques.

Lorsque les conditions de température et de densité de l'alimentation sont constantes, les équations différentielles DEB peut être analytiquement résolu (Kooijman, 2000, Pecquerie *et al.*, 2007). Le modèle décrit alors une croissance de von Bertalanffy.

Les paramètres de Von Bertalanffy peuvent être écrits comme combinaisons de paramètres DEB, étant donné la longueur $L(0)$ à $a=0$ jour :

$$L_{\infty} = f \cdot \frac{Lm}{\delta} \dots\dots(1) \quad \text{sachant que} \quad Lm = \kappa \cdot \frac{\{Pam\}}{[P_M]} \dots\dots(2)$$

$$\frac{1}{k} = 3 \cdot \frac{[EG]}{[PM]} + \frac{3 \cdot L_{\infty}}{ú} \dots\dots(3)$$

Avec f la réponse fonctionnelle à l'échelle (-), δ le coefficient de forme (-), Lm , la longueur volumétrique maximale atteinte par l'un individu (cm), κ la fraction affectée à l'entretien somatiques et à la croissance (-), $\{Pam\}$ taux d'assimilation maximale par unite de surface ($J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$), $[PM]$ coût de maintenance par unité de volume ($J \cdot cm^{-3} \cdot d^{-1}$), $[EG]$ le coût de la croissance par unité de volume ($J \cdot cm^{-3}$), et $ú$ la conductance de l'énergie ($cm \cdot j^{-1}$).

La réponse fonctionnelle à l'échelle est définie par une fonction Holling f de type II = $X / (X + x k)$, avec X , la densité des aliments et XK le coefficient de saturation ou de Michaelis-Menten. Les unités de X et XK dépendent de l'application.

Telle signalée par Pecquerie (2008), une relation inverse entre k et L a été déclarée par Putter (1920) Beverton et Holt, (1957), Pauly, (1980) et Charnov, 1993. Nous soulignons ici le fait que la théorie DEB fournit une relation inverse explicite entre k et L_{∞} :

$$K = \frac{\dot{u}}{3 * Lm * (f + g)} \dots \dots (4)$$

Avec $f = \frac{x}{x + XK}$, et $g = \frac{[EG] * \dot{u}}{K * \{PAm\}}$

1.5. Effet de la disponibilité trophique sur la dynamique des populations

1.5.1. Introduction au modèle IBM

Tel expliqué par Beslon *et al* (2008): Parallèlement au développement de la simulation, l'informatique a ouvert la voie à une forme de modélisation nouvelle, elle-même intimement liée à la simulation. Il s'agit de la modélisation individu-centrée (IBM) dans laquelle le modèle porte sur un niveau d'organisation particulier, les individus, mais où la simulation d'un ensemble de ces individus va conduire à l'émergence d'une structure globale.

Grimm (2006) explique dans son guide les principes d'un modèle individual based et donne un protocole standard pour sa description ; à savoir, trois principales parties ODD pour : Overview (Aperçu), Design concepts (Conception des concepts) et Details (détails).

Un modèle IBM a été appliqué en combinaison avec le modèle DEB (Martin *et al.*, 2010) afin d'étudier l'effet du stress trophique sur la dynamique des populations. Et ceci à l'aide du logiciel Netlogo version 5.2.1 et le script PMoA Final EcolAp_for_Brest_2019 (Martin *et al.*, 2014).

1.5.2. Entités, variables d'état et échelles

Dans notre modèle, nous avons deux types d'agents, (1) les individus: les poissons du petit pélagique et (2) l'environnement. L'environnement est caractérisé par un changement de concentration de chlorophylle a et de température dans le temps.

Chaque individu est décrit par ses caractéristiques, qui sont les suivantes: stade de la vie (juvénile, adulte), taille, âge et poids.

La théorie de DEB décrit les acquisitions d'énergie et leur utilisation au cours du cycle de vie d'un individu. En plus des paramètres précédents, nous considérons les paramètres primaires DEB. La taille sera considérée comme une longueur volumétrique.

Nous supposons que le modèle standard DEB convient aux petits pélagiques (Pecquerie 2007).

La longueur utilisée pour évaluer la longueur volumétrique d'un individu: lorsque la croissance de cet individu est isomorphe, c'est-à-dire que la relation entre la surface (ou le volume) et la longueur de l'individu reste constante pendant la croissance.

La physiologie d'un individu dépend de sa température corporelle. Nous travaillons sur un organisme ectothermique. Dans l'échelle de temps considérée, nous supposons que la température corporelle est la température de l'eau dans laquelle se trouve le poisson.

1.5.3. Description du modèle

1.5.3.1. Aperçu du processus et planification (Overview)

L'application du modèle DEB décrit tous les processus métaboliques d'un individu (croissance en taille, dynamique du taux de vieillissement, poids et stade de développement). Les individus s'alimentent et utilisent cette énergie d'absorption pour gérer leurs processus métaboliques (maintien somatique, croissance, maintien de la maturité, maturité

1.5.3.1.1. L'assimilation:

Les surfaces et les volumes jouent un rôle fondamental dans la théorie. La théorie DEB suppose que l'absorption d'énergie dépend de la surface de la cellule, tandis que le processus de maintenance dépend de son volume. L'énergie réellement absorbée est capturée par la valeur de f , comprise entre 0 et 1. On peut donc observer différentes tailles asymptotiques dans les populations de la même espèce, en fonction de $f = X / (X + XK)$. Nous supposons que X est la concentration de chlorophylle -a- où se trouve l'individu. Nous supposons que l'individu ne mange que chez un petit voisin où il se trouve.

On suppose que le taux d'absorption dépend uniquement de la taille des individus et non du stade de leur vie.

1.5.3.1.2. Croissance

Dans des conditions constantes de nourriture et de température, la croissance d'un individu est modélisée par un modèle standard DEB. Nous supposons que la longueur dans un

contexte cohérent avec les observations générales sur la croissance des poissons est donnée par l'équation suivante (la notation et les symboles sont présentés dans le tableau.V.2):

$$\frac{d}{dt} l = \dot{K}M * \frac{g}{3} * \frac{e - l - lt}{e + g}$$

$$\frac{d}{dt} e = (f - e) \frac{g\dot{K}M}{d}$$

$$L\infty = f \frac{Lm}{\delta} \text{ where } Lm = k \frac{[pAm]}{[pM]}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{3[EG]}{[pM]} + \frac{3}{v} L\infty$$

$$a0 = \frac{1}{k} \ln \left(1 - \frac{L(0)}{L\infty} \right)$$

Notons que la solution de cette équation lorsque les ressources sont abondantes est donnée par l'équation de Von Bertalanffy (Kooijman 1988, 2000).

Dans des conditions d'alimentation constantes, la vitesse physiologique permet de prédire la rapidité avec laquelle l'individu atteint sa taille asymptotique une fois que nous connaissons AT et T.

Tous les taux physiologiques ingestion ($\{pAm\}$, $[pM]$), la respiration sont déterminés par la température corporelle physiologique. Pour une plage de températures spécifique à l'espèce, le modèle suppose un effet de température (kooijman 2010) donné par cette équation:

$$P(T) = \exp\left(\frac{T_A}{T_1} - \frac{T_A}{T}\right) p(T_1)$$

1.5.3.1.3. Maturité

Une partie de l'énergie contenue dans la réserve est mobilisée. Une partie fixe (k) de cette énergie est affectée à la maintenance et à la croissance somatique, priorité à la maintenance somatique. L'autre partie (1-k) est allouée à la maturité et au maintien de ce stade de maturité de l'embryon juvénile.

La transition entre deux étapes survient lorsque la variable atteint le seuil de valeur de maturité caractéristique de la naissance et de la puberté. À la puberté, la maturité a atteint son point culminant et l'énergie investie pour devenir plus complexe sont ensuite stockés pour la première reproduction. L'individu continue toutefois d'allouer le pouvoir de maintenir son

niveau de complexité. Les conditions de reproduction du compartiment sont spécifiques à chaque espèce.

Dans la version standard du modèle décrit par DEB Kooijman (2000), la maturité n'est pas explicitement prise en compte. L'hypothèse est que le seuil d'énergie investi dans la maturité est atteint pour une durée donnée.

1.5.3.1.4. Migration (données aléatoires)

Tandis que la dépendance de ces espèces à la productivité planctonique, susceptible de variations temporelles et spatiales, en relation avec l'hydrodynamique, est à l'origine des phénomènes de migration et des fluctuations de l'abondance. Nous supposons que le processus de déplacement sera défini comme une marche aléatoire.

1.5.3.1.5. Mortalité

Mortalité due au vieillissement d'un individu : Selon la théorie de DEB (Kooijman 2010), les dommages résultent de l'oxydation qui est supposée causer le déclin physiologique lié à l'âge. Si les dommages atteignent la valeur qui entraîne le décès, soit si les réserves ne couvrent plus les coûts de maintenance somatique, la personne décède. Deux paramètres sont mis en évidence par la théorie DEB; ils sont spécifiques au processus de vieillissement: composés induisant des dommages (q) et dommages (h) (Benjamin *et al.*, 2012).

$$\frac{d}{dt} \dot{q} = \left(\left(\dot{q} \frac{L^3}{L_m^3} s_G + \ddot{h}_a \right) e \left(\frac{\dot{v}}{L} - \dot{r} \right) - \dot{r} \dot{q} \right)$$

Avec

$$\frac{d}{dt} \dot{h} = \dot{q} - \dot{r} \dot{h}$$

1.5.3.2. Conception des concepts (Design concepts)

1.5.3.2.1. Principes de base

Le modèle est basé sur la théorie du bilan énergétique dynamique (Kooijman 1993, 2000, 2010). Un aperçu des concepts peut être trouvé dans Kooijman (2001). La théorie repose sur le principe général selon lequel les processus métaboliques sont proportionnels à la surface ou au volume corporel, ainsi qu'à un équilibre complet en masse et en énergie.

1.5.3.2.2. Émergence

- Population dynamique
- Répartition spatiale de la population totale
- taille et structure de la population

- Effet de l'environnement sur la population dynamique
- Variation de la densité de population avec la nourriture

1.5.3.2.3. Interaction

Lorsque le sous-modèle de la dynamique alimentaire est défini sur la logistique, les individus interagissent indirectement par le biais d'une compétition pour la nourriture.

Observations

Au niveau individuel: les individus rapportent les données suivantes: âge, taille (LT), Lst Lf, Lt, taille HC au moment de la puberté, poids: poids total, poids éviscéré.

Au niveau de la population: biomasse, capture par année et taille et structure de la population.

2. Résultats et discussion

2.1. Présentation des données d'entrée

Le tableau V.1 représente les données à variation nulle (zero variate data), les pseudos données obtenu pour les 4 espèces étudiées. Les données univariées (taille-âge et taille-poids) sont illustrées par la figure III.1. L'ensemble des données ont été publié après validation dans la base de données add-my-pet (https://www.bio.vu.nl/thb/deb/deblab/add_my_pet/).

Certaines informations telles que l'âge et la longueur à la naissance utilisés pour la procédure d'estimation des paramètres DEB ont été tirés de la littérature. Les données à variation nulle ont été obtenues pour trois stades de vie :

i. A la naissance, le moment où l'alimentation commence ; pour *Boops boops* et *S. aurita*, 96 heures après la fécondation de l'ovocyte, l'éclosion a eu lieu, la larve a une longueur de 0,26 cm et un poids humide à la naissance de 0,000524 g. Par contre les autres espèces des petits pélagiques (*S. pilchardus* et *T. trachurus*), la durée d'incubation de l'œuf est plus importante, elle est de l'ordre de 8 et 6 jours respectivement ; la tailles des larves ainsi que leurs poids humide sont consignées dans le tableau .V.1.

ii. A la puberté, où les animaux commencent à se reproduire. L'âge à la première maturité sexuelle de la bogue est de 540 jours, sa taille atteint 13 cm et son poids humide est de 44,5 g. Pour la saurel, la maturité commence juste après 365 jours, il arrive à une taille de 12 cm et un poids de 30 g. *S.aurita*, quant à elle, peut se reproduire à partir de l'âge de 396 jours avec une taille de 14 cm et un poids humide de 17 g. Concernant *S. pilchardus*, la maturité de commence à partir de 328 jours avec une taille de 15.5 cm et un poids humide de 20 g.

iii. Au stade adulte, l'âge maximal de la bogue est de 2920 jours, la plus grande longueur observée est de 28,42 cm et un poids humide maximal de 216 g. Le plus grand âge chez la saurel est de 2920 jours et sa longueur maximale est de 30 cm avec un poids humide maximal de 216 g. Pour *S.aurita*, l'âge maximal est de 2190 jours, une taille maximale de 29 cm et un poids humide maximal de 166 g.

On a obtenu une reproduction maximale de 375/jour pour la saurel et 499,45/jour

Tableau .V.2. Données observées et prédites et erreur moyenne relative

		Zero-variate data											
		<i>Boops boops</i>			<i>Sardina pilchardus</i>			<i>Sardinella aurita</i>			<i>Trachurus trachurus</i>		
Description	Unité	Observed	Predicted	(RE)	Observed	Predicted	(RE)	Observed	Predicted	(RE)	Observed	Predicted	(RE)
age at birth	d	4	4.254	-0.06359	8	8.083	-0.01032	4	4.57	-0.1425	5.5	6.363	-0.1569
tiome since birth at puberty	d	540	570.7	-0.05679	365	328	-0.1013	450	395.7	-0.1208	365	468.9	-0.2845
life span	d	2920	2937	-0.00592	2920	2930	-0.003335	2190	2270	-0.0366	2920	2919	0.000478)
total length at birth	cm	0.26	0.3499	-0.3456	0.5	0.3595	-0.281	0.3	0.2828	-0.0574	0.4	0.4385	-0.09628
total length st puberty	cm	13	13.3	-0.04131	13	15.47	-0.19	13.79	13.93	-0.1294	12.9	11.76	-0.05221
ultimate total length	cm	28.42	27.8	-0.02169	23.8	27.54	-0.1571	28.42	27.49	-0.03277	30	29.98	0.0005845
wet weight at birth	g	0.000524	0.0004338	-0.1722	0.00025	0.00025	-0.001992	0.000198	0.000167	-0.1589	0.001	0.00066	-0.34
wet weight at puberty	g	44.5	43.85	-0.01467	20	19.88	-0.006124	18	17.76	-0.1306	25	29.99	-0.2308
ultimate wet weight	g	216	217.7	-0.0079	112	112.1	-0.001238	166	153.3	-0.07654	216	236.4	0.09452
maximum reprod rate	#/d	325	420.3	-0.02246	98	95	-0.08905	200	216.8	-0.08403	375	355.2	-0.07391

2.2. Stratégies bioénergétiques des petits pélagiques

Les paramètres bioénergétiques estimés sont consignés dans le tableau.V.3. Les figures V.1 et V.2 mettent en évidence les données réelles observées et prédites pour nos espèces cibles.

Tableau.V.3. Paramètres bioénergétiques primaires pour les quatre petits pélagiques

Paramètres primaires à une température de référence de 20°C			Valeurs			
code	unité	description	<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Sardinella aurita</i>	<i>Trachurus trachurus</i>
T_A	K	Arrhenius temperature	8000	8000	8000	8000
p_Am	J/d.cm ²	{p_Am}, flux d'assimilation spécifique	846.432	297.552	328.043	195.973
F_m	l/d.cm ²	{F_m}, max spec searching rate	6.5	6.5	6.5	6.5
kap_X	-	digestion efficiency of food to reserve	0.8	0.8	0.8	0.8
kap_P	-	faecation efficiency of food to faeces	0.1	0.1	0.1	0.1
v	cm/d	energy conductance	0.021442	0.06279	0.02895	0.04962
kap	-	allocation fraction to soma	0.33175	0.78854	0.9514	0.9388
kap_R	-	reproduction efficiency	0.95	0.95	0.95	0.95
p_M	J/d.cm ³	[p_M], vol-spec somatic maint	250.807	49.3983	93.78	43.33
k_J	1/d	maturity maint rate coefficient	0.002	0.002	0.002	0.002
E_G	J/cm ³	[E_G], spec cost for structure	5225.01	5221.44	5210	5109
E_Hb	J	maturity at birth	0.2901	0.3018	0.01307	0.1196
E_Hj	J	maturity at metam	2.487	0.3021	0.01573	1.179
E_Hp	J	maturity at puberty	74890	58480	3859	18370
h_a	1/d ²	Weibull aging acceleration	5.05E-08	2.24E-08	5.55E-08	5.10E-10
s_G	-	Gompertz stress coefficient	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
z		zoom factor	1.1196	4.7498	3.328	4.246
del_M		coefficient shape	0.082458	0.17089	0.1287	0.1615

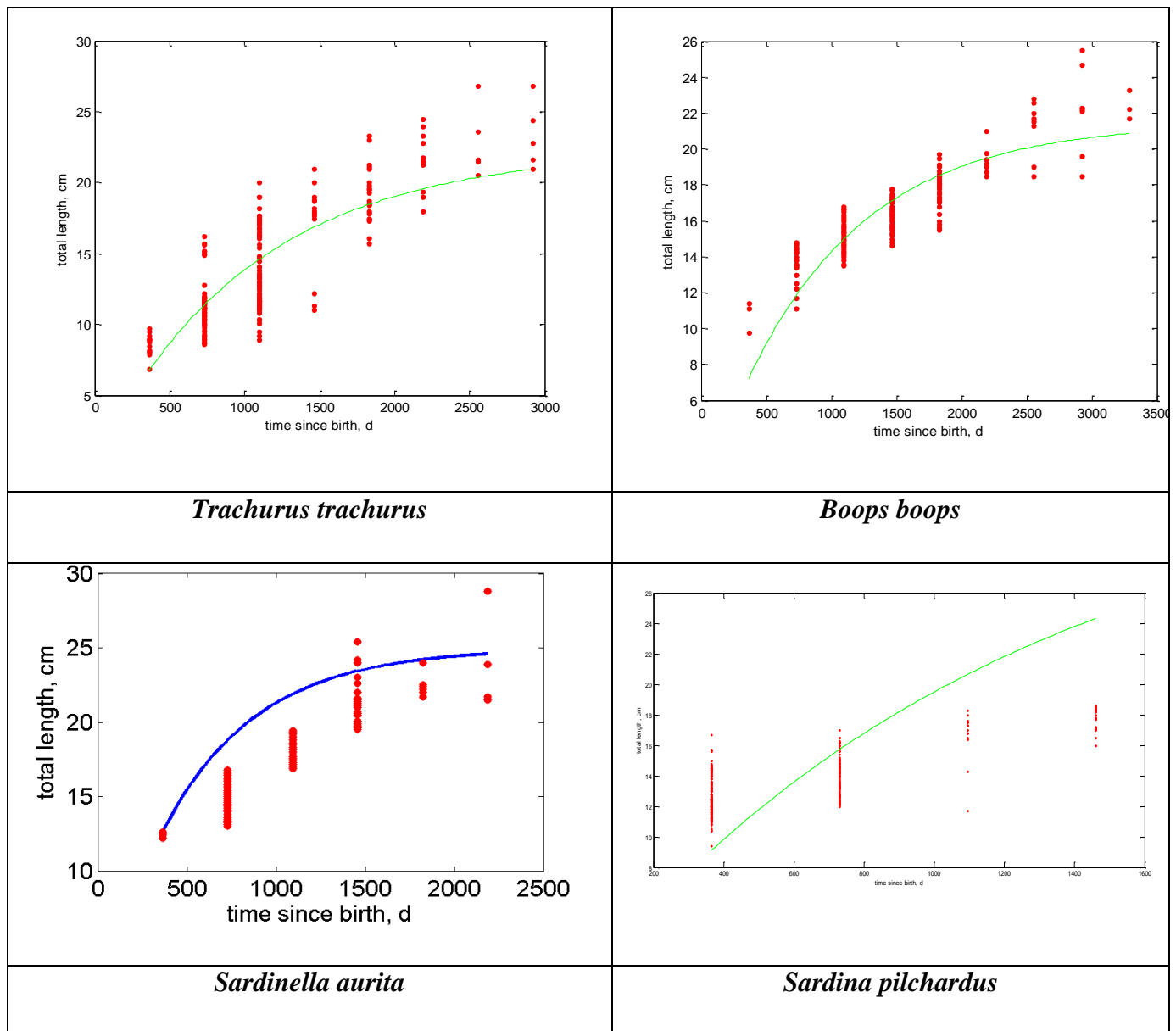


Figure.V.1. Taille en fonction de l'âge (valeurs prédites vs valeurs observées).

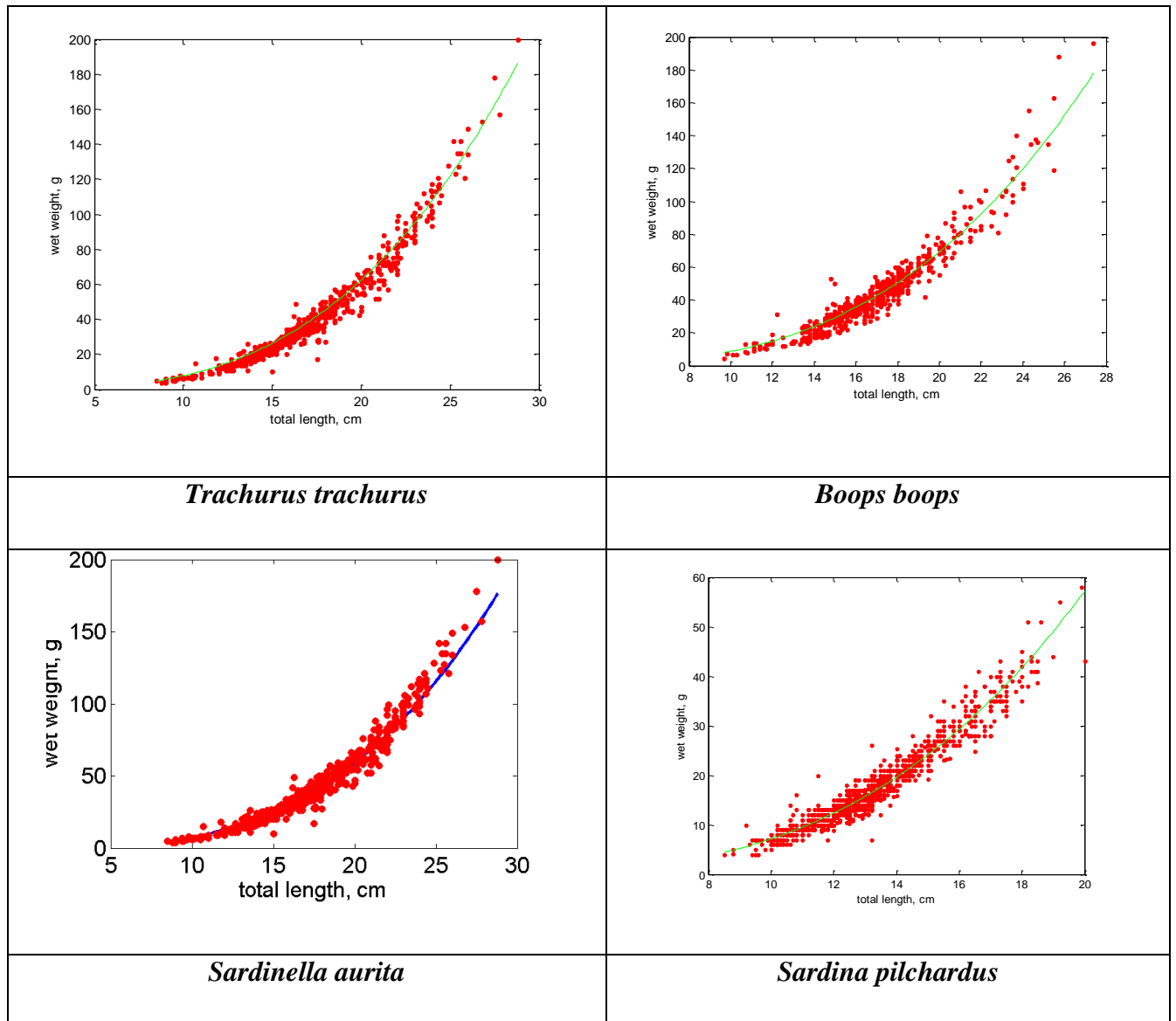


Figure.V.2. Relation taille poids (valeurs prédites vs valeurs observées).

2.2.1. Taille et 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 {Pam}, le seuil de la maturité à la naissance E_H^b , et le seuil de maturité à la puberté E_H^p .

Il est à signaler que la taille maximale varie selon les espèces, une dimension appelée zoom factor (z) est utilisé pour la comparaison des paramètres physiques d'un organisme, à un «organisme de référence" de longueur maximale (LMref) = 1 cm (Kooijman, 2010). Sauf pour la sardine, les valeurs du zoom factor obtenues sont proches, elles varient entre 3.32 à 4.75 (pour la bogue) tandis qu'une valeur de 1.1196 a été enregistrée pour la sardine. Cela confirme que les tailles maximales que les individus peuvent atteindre pour la sardine sont inférieures à celles des autres espèces, ce qui est cohérent avec nos observations ainsi que l'étude de la croissance (voir chapitre III par 1.2.2 & 1.2.3).

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 de *S.pilchardus* (tableau.IV) ne montre pas une grande différence 0.17 (*Boops boops*), 0.16 (*Trachurus trachurus*) et 0.12 (*S. aurita*) ; nonobstant, le résultat relatif à la sardine dénote une spécificité ; en effet, une valeur très faible par rapport aux autres espèces a été enregistrée (0.08). 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 (croissance V1-morphique) (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).

2.2.2. Alimentation et assimilation

Le taux maximal spécifique d'assimilation résulte de la relation suivante :

$$z L_{mref} = \frac{\kappa \{ \dot{P}_{Am} \}}{[\dot{P}_M]}$$

Il a été estimé à 1.12 pour *S. pilchardus*, cette valeur se situe dans la fourchette basse rapportée dans toutes les espèces de clupeidae (des valeurs comprises entre 3.3 et 4.7 pour les autres espèces). En outre, sous optimales conditions alimentaires, les petits pélagiques

présentent une efficacité de digestion κX de 0.8, ce qui augmente la fraction d'énergie dans les aliments qui est fixé dans la réserve.

La fraction d'allocation de réserve pour la croissance (κ) est relativement faible pour *S. pilchardus*, ce qui est cohérent avec l'observation que cette espèce est connue pour sa sensibilité aux fluctuations de l'environnement; ce qui fait qu'elles demeurent des ressources instables.

2.2.3. Entretien

Le coût d'entretien somatique [P_M] pour *S. pilchardus* a été estimé pour être 250.807J cm⁻³, une valeur supérieure à celles signalées pour les autres espèces (tableau.V.3.). 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 [EG] est plus ou moins similaire pour les espèces étudiées ; elle est de l'ordre de 5000 J cm³.

La valeur la plus élevée de l'énergie investie dans les transitions du cycle de vie (de maturité), E_H^b , E_H^j et E_H^p a été observée chez *S. pilchardus*.

Il convient de signaler que la différence entre la maturité à la naissance E_H^b et la maturité à la puberté E_H^p pour *T.trachurus* est la plus faible ; donc le temps passé entre ces deux phases est plus court pour cette espèce.

À moins théoriquement, le peu de temps passé à remplir la métamorphose pourrait être une stratégie d'adaptation préemptive des larves de *T.trachurus*, ce qui pourrait expliquer la nature concurrentielle dominante de cette espèce. Ces résultats démontrent l'importance d'utiliser des approches mécanistes pour comprendre la capacité relative des petits pélagiques pour survivre dans un environnement variable.

2.2.4. 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 varie sensiblement entre les espèces des clupeidae, allant de 0,33 (*S. pilchardus*) à 0.95 (*Sardinella aurita*). Tandis que κR pour les clupeidae en générale est tombée dans le haut de la gamme (0.95).

La sardine se situe dans le bas de cette fourchette. Ces résultats sont cohérents avec la courte durée de vie de *S. pilchardus* comparé à *S. aurita* ; en effet, plus d'énergie semble être consacrée à la reproduction qu'à la maintenance somatique.

Cela confirme la particularité de ces espèces de coloniser le milieu grâce à leur forte capacité fécondité que leur permet d'adopter un mode de reproduction en partie.

2.3. Effet de la température sur la croissance

Nous nous sommes basées sur les paramètres bioénergétiques obtenu à l'aide du programme DEB tool, puis une programmation sur une feuille Excel pour décrire le potentiel physiologique de croissance des petits pélagiques en fonction de la température.

Tableau V.4. Paramètre de croissance des petits pélagiques obtenus à partir du modèle DEB.

	<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Sardinella aurita</i>	<i>Trachurus trachurus</i>
L_{∞}	22.061	27.794	25.859	26.291
K	0.011	0.238	0.048	0.167

Une remarque s'impose au sujet de l'étude de l'effet de la température sur la croissance ; en effet, seuls, les résultats de la sardine seront présentés en raison de la similitude des données.

A la température de référence de 19 °C, on a trouvé $k = 0.011$ et la longueur asymptotique L_{∞} est de 22,06 cm pour la sardine. Cette dernière ne dépend pas de la température tel qu'il est un ratio de deux taux (Eq . 1) .

L'analyse de la figure V.3 dénote que la sardine dans le même environnement alimentaire, mais à des températures d'eau différentes a la même taille asymptotique. On peut donc prédire dans des conditions alimentaires constantes à quelle vitesse l'individu atteindra sa taille asymptotique. Il convient de souligner qu'à des températures très élevées ou très basses (15°C), la croissance du poisson est limité cela est expliqué par l'effet de la température sur l'activité enzymatique

Nous fournissons de nouveaux paramètres de Von Bertalanffy pour la population de la sardine de la région ouest du bassin algérien. Il étend la description de la croissance en fonction de la température. Nous avons trouvé que les paramètres de Von Bertalanffy à une

température de référence de 19 ° C sont inférieurs à celle estimée par les méthodes classiques pour la même population (Tab. V.4).

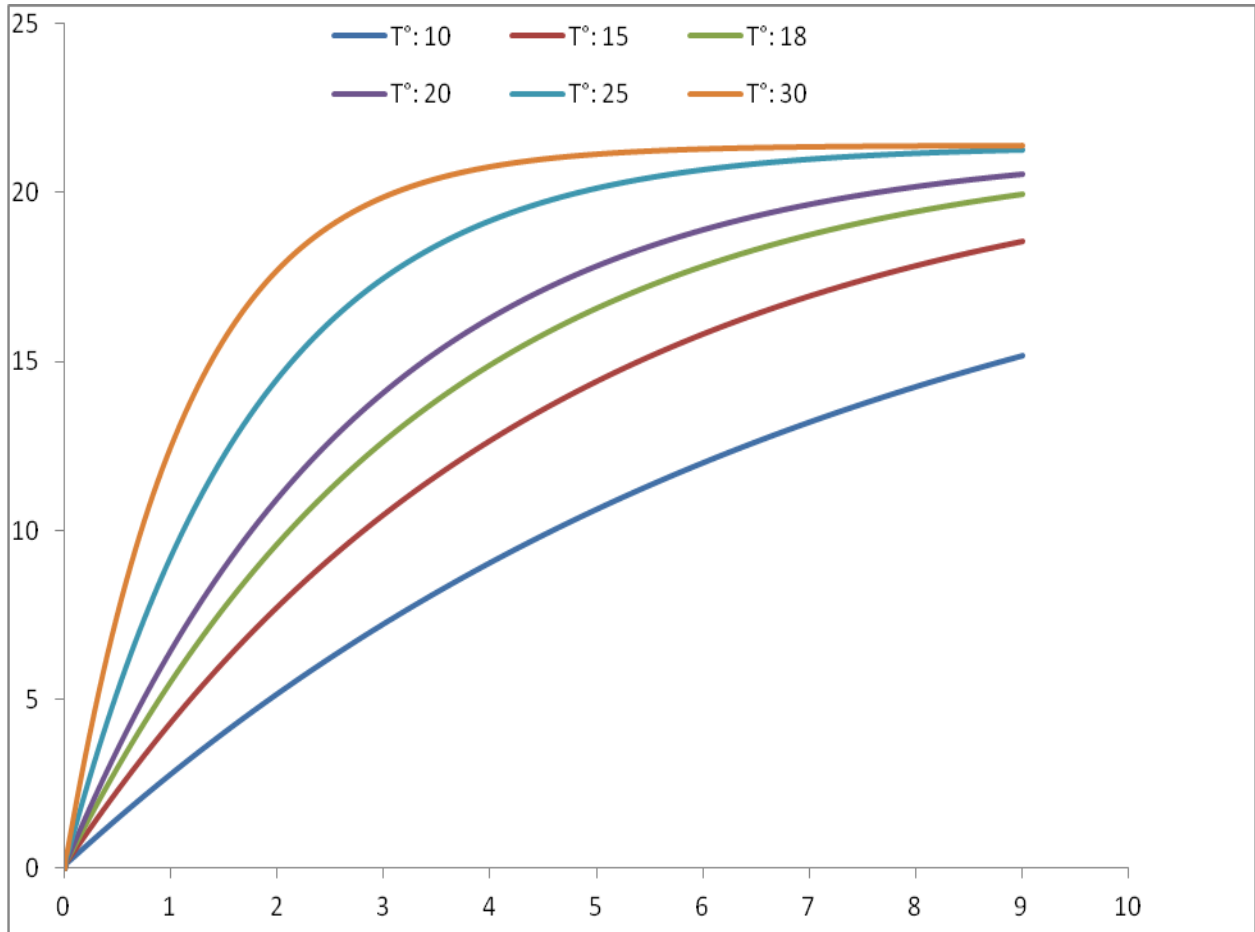


Figure V.3. Croissances linéaires théoriques de *S. pilchardus* (modèle DEB) en fonction de la température.

2.4. Effet de la disponibilité trophique sur la dynamique de populations des petits pélagiques

L'analyse de la figure ci-dessous dénote une hétérogénéité au niveau de développement de la biomasse pour chaque espèce en fonction de la nourriture.

En effet la population de la bogue est étroitement liée à la densité trophique, une augmentation de la densité trophique est suivie par un accroissement de la population et vice versa. Tandis que pour les autres espèces, la dynamique des populations montre une allure instable et indépendante à la densité trophique. Cela nous laisse un peu perplexe quant à l'explication de cette situation.

D'autres facteurs, donc, interviennent dans la dynamique des populations des petits pélagiques tels que la température l'action anthropique...etc..

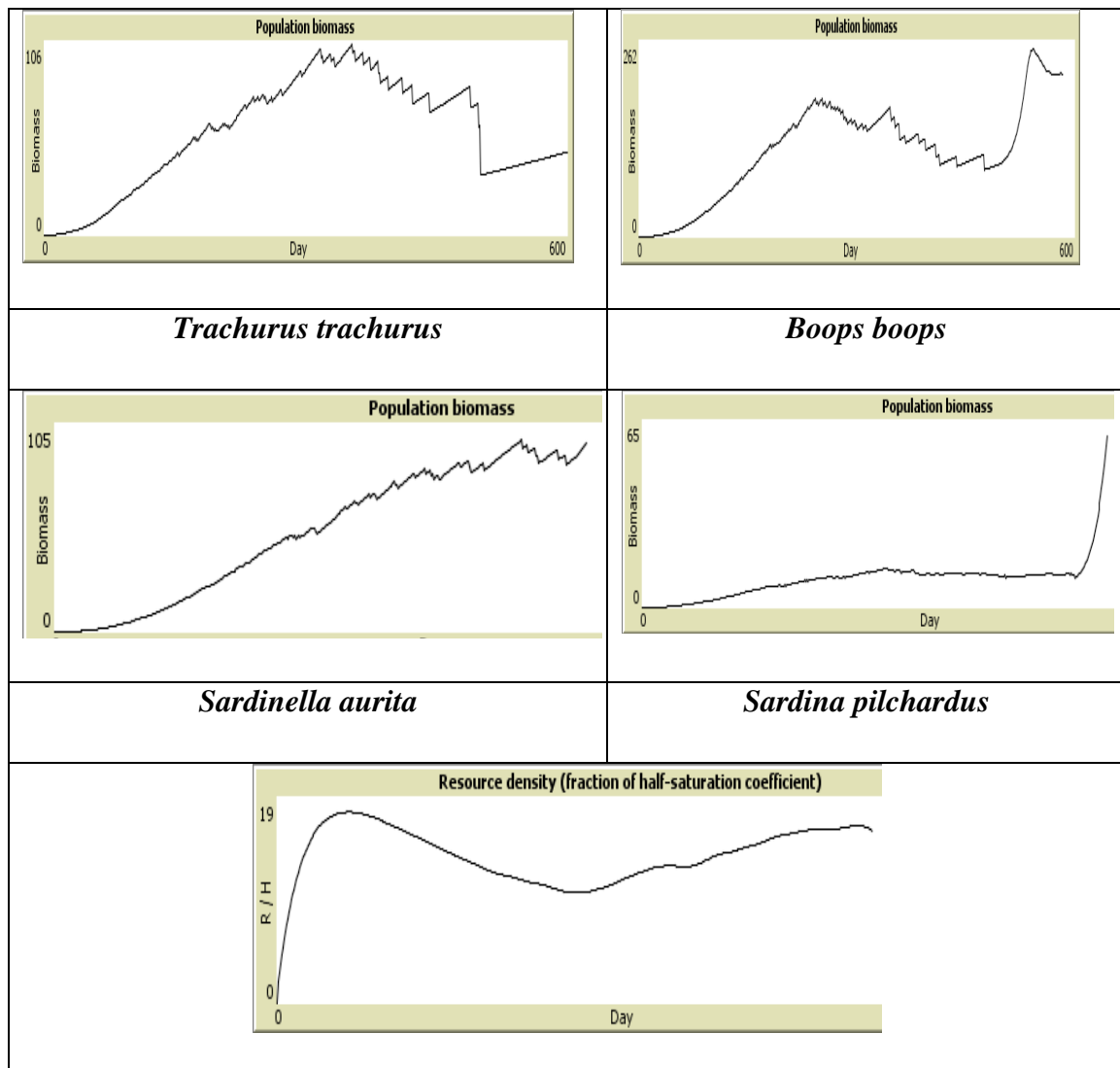


Figure V.4. Evolution de la biomasse de population de chaque espèce de petits pélagiques en fonction de la disponibilité trophique.

Conclusion

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.

La croissance et la maturation sont des processus étroitement liés à l'environnement externe d'un individu.

La disponibilité des aliments, la mortalité due au régime alimentaire et les événements nécessaires pour compléter le cycle de vie revêtent une importance particulière pour répondre à notre besoin d'informations sur l'influence des changements de l'histoire de la vie sur la dynamique des populations.

Une caractéristique particulière des stocks pélagiques est que ces espèces colonisent principalement les zones d'upwelling, qui sont les régions les plus productives des océans. Ils représentent une biomasse énorme mais sont connus pour leur sensibilité aux changements de l'environnement; ils restent donc des ressources instables.

Un modèle IBM a été mis en place pour examiner les effets des changements environnementaux sur les petits pélagiques de la côte algérienne. L'approche modèle est basée sur la théorie du bilan énergétique dynamique (DEB). Son application a permis d'assurer une meilleure compréhension et une prévision de la variabilité de l'environnement marin et son effet sur l'évolution des stocks.

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, 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.

Conclusion générale

Les petits pélagiques, poissons à très large répartition géographique, sont présents dans toutes les régions de la côte algérienne. Les espèces prises en considération représentent un potentiel halieutique en raison de leur valeur nutritionnelle et commerciale.

Jusqu'à présent, les petits pélagiques ont fait l'objet de peu de recherches dans le bassin Algérien. Les problèmes halieutiques relatifs à ce groupe n'étaient pas liés aux approches systématique et écologique. Le présent travail s'est inspiré de cette problématique avec pour but de concilier trois aspects : biosystématique, écologie, ressources halieutiques.

Quelques éclaircissements ont été apportés sur la description des clupeidae (morphologie et ostéologie). L'analyse des données biométriques met bien en évidence les différences au sein des représentants de cette famille ; elle révèle une grande similitude entre *S. aurita*, et *S. pilchardus*, et une nette discrimination des autres espèces. De même l'ACP affirme l'observation morphologique met bien en évidence une variabilité intra spécifique des clupeidae. Les résultats obtenus par l'analyse morphogéométrique montre une différence entre les deux espèces, et mettent en évidence une discrimination entre les mâles et les femelles de *Sardinella aurita* ainsi une nette distinction entre la sardine de l'ouest et celle du centre.

La gestion des ressources de pêche est essentiellement basée sur des données biologiques (croissance, reproduction et mortalités.) et bioéconomiques (valeur économique)

Les recherches et observations ont focalisé la lumière sur l'étude de l'âge des quatre espèces ainsi que sur la détermination de leurs paramètres de croissance. L'étude de la reproduction quant à elle ; est divisée en deux parties : sex-ratio et fécondité. Le sex-ratio a été calculé en fonction de la taille: les résultats confirment, dans la majorité des cas que L'étude du sex-ratio révèle la dominance des mâles sauf pour *S. aurita* et *T. trachurus*, où les femelles dominant ; il apparaît que les femelles atteignent une taille maximale supérieure à celle des mâles, les grands individus sont souvent femelles.

Cependant, il convient de souligner que l'état de fraîcheur des individu récoltés, l'engin de pêche et la période de l'activité de capture pourrait influencer le sex-ratio pourraient biaiser les résultats relatif au sex-ratio.

L'étude de la croissance de quatre populations de petits pélagiques est abordée par l'otolithométrie. Les paramètres de croissance obtenus, ont permis d'établir les équations de croissance pour chaque espèce. Les paramètres d'exploitation (mortalités totale et naturelle et par pêche) ont également été déterminés.

Compte tenu des longueurs à la première maturité, estimées chez les quatre espèces cibles, ainsi des longueurs de la première capture, et par mesure de précaution, il serait souhaitable d'augmenter les tailles minimales de débarquement.

Une exploitation d'ensemble des données obtenues (croissance, reproduction, mortalités) a permis d'évaluer le niveau d'exploitation des stocks des petits pélagiques commercialisés.

En faisant appel à l'analyse des cohortes de Jones (1983) et aux modèles prédictifs modèle de Beverton & Holt (1957) et celui de Thompson et Bell (1938).

Les résultats du modèle de Beverton & Holt indiquent que l'exploitation des stocks de *T.trachurus* et *S.aurita* se situe à un niveau optimal. L'augmentation de l'effort de pêche n'améliorerait pas le rendement actuel. Dans le cas de la sardine et la bogue, le modèle préconise une réduction de l'effort de pêche.

Tandis que le modèle de Thompson et Bell va à l'encontre des résultats de celui de Beverton & Holt, il dénote une situation de surexploitation pour la bogue et le chinchard.

Nous avons tenté par ce travail, d'apporter une contribution à l'évaluation des stocks des petits pélagiques en mettant en évidence certaines difficultés, en éclaircissant quelques problèmes et en comblant plusieurs lacunes.

Il nous est apparu indispensable d'évaluer précisément les risques potentiels auxquels sont exposées les différentes espèces à l'échelle nationale. L'étude a été entreprise dans la région ouest. Elle a fait l'objet de prédictions afin que les politiciens du secteur prennent la bonne décision. Car, en effet, la politique d'injection de nouvelles flottilles adoptée avait un effet négatif et s'avère de mauvais augures sur les stocks.

Il est important de rappeler que l'analyse des cohortes ainsi que les modèles prédictifs sont étroitement liés aux estimations et aux paramètres biologiques utilisés.

Le modèle bioénergétique DEB (Dynamic Energy Budget) décrit l'utilisation de l'énergie au niveau individuel en réponse aux changements de son environnement et permet de comprendre les stratégies bioénergétiques adoptées par nos espèces. Il permet d'assurer une meilleure compréhension et une prévision de la variabilité de l'environnement marin et son effet sur l'évolution des stocks.

Conclusion générale

Je pense, j'arrive a une conclusion, je traduis cette conclusion en décision et je m'aperçois que l'acte est une chose a part, qui peut être conforme a la décision mais pas nécessairement.

Bernhard Schlink

Références bibliographiques

Il est aussi facile de rêver un livre qu'il est difficile de le faire.

Balzac (Honoré de)

Références bibliographiques

1. **Amenzoui, K., Ferhan-tachinante, F., Yahyaoui, A., Mesfioui, A. H., & Kifani, S. (2004).** Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune (Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat, Sect. Sci. Vie*, 2005, 26-27.
2. **Bach, P., & Chauvelon, P. , 1992.** Rétrocalcul en otolithométrie sans contrainte de standardisation de l'axe de lecture.
3. **Bauchot M.L. et Pras A., 1980.** Guide des poissons marins d'Europe. *Delachaux & Niestle (ed), Neuchatel : 427p.*
4. **Beslon, G., en Informatique, D., & Morange, M. (2008).** Apprivoiser la vie; modélisation individu-centrée de systèmes biologiques complexes. *Habilitation à Diriger des Recherches, INSA-Lyon.*
5. **Beverton R.J.H., & Holt S.J., 1957.** - On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food, G.B. (2 Sea Fish.)*, 19: 533 p.
6. **Bhattacharya C.G., 1967.** - A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23 (1): 115-135.
7. **Boëly, Thierry., 1982.** Etude du cycle sexuel de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Val. 1847) au Sénégal. *Océanographie Tropicale*, 17 (1), p. 3-13
8. **Bouaziz A., 2007.** La sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) des côtes algériennes : distribution, biologie et estimation des biomasses. *Thèse de Doctorat d'état. USTHB Alger : 125p*
9. **Bouchereau J. 1981.** Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie). Thèse Doct. 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille II, 239 p
10. **Bougis P., 1952.** - Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus L., Mullus surmuletus L.*). *Arch. Zool. Exp. gén.*, 89 (2) : 57-174.
11. **Boxshall G., Mees J., Costello M-J., Hernandez F., Vandepitte L., Gofas S., Hoeksema B-W., Klautau M., Kroh A., Poore G- C-B., Read G., Stöhr S., de Voogd N- J., Walter C- T., De Broyer C., Horton T., Kennedy M., 2013.** World Register of Marine Species. Accessed at <http://www.marinespecies.org>.
12. **Burton, M. 1998.,** Gametogenesis in north west Atlantic teleosts. *Italian Journal of Zoology*, 65(S1), 199-202.
13. **Camapana S.E. & Neilson J.D.,1985.** Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal Fishery Aquatic Science*, 42, 1014-1032.
14. **Camapana S.E. ,1983.** Feeding periodicity and daily growth increments in otoliths of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Can. J. Zol.*, 61, 1591-1597.
15. **Camapana S.E., Gagne J.A. & Munro J.,1987.** Otolith microstructure of larval herring *Clupea harengus*: image or reality? *Canadian Journal Fishery Aquatic Science*, 44, 1922-1929.
16. **Cherabi O., 1987.** - Contribution à l'étude de la biologie du pageot commun et à l'écologie de la famille des Sparidés de la baie d'Alger. *mémoire de Magister, U.S.T.H.B., Alger : 203 p.*

17. **Collignon J. et Aloncle H., 1973.** Catalogue des poissons des mers marocaines. Chapitre V (Téléostéens) deuxième partie. Poissons osseux. ONP Casablanca (ed.): 163 p.
18. **Degens E.T., Deuser W.G. & Haedrich R.L., 1969.** Molecular structure and composition of fish otoliths. *Int. J. Life Oceans Coastal Waters*, 2, 105-113
19. **Djabali F. & Mououb R. 1989.** Reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) de la région d'Alger. *Pélagos, Bull. Inst. Scient. de la Mer et de l'Aménagement du Littoral*, 7, 1, 29-31
20. **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. 37). *FAO (ed), Vertébrés, Volume II* : 761-1530.
21. **Fontana A., J. C. Le Guen, 1969.** Etude de la maturité sexuelle et de la fécondité de *Pseirdotolithiis (Foizticulzis) elongatus*. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7, 9-19.
22. **Gaemers, P., 1988.** Taxonomic position of the cichlidae (pisces, perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Journal of Fish Biology* 33 (6), 899-903.
23. **Gauldie R.W., 1990 a.** Phase differences between check ring locations in the orange roughy otolith. *Canadian Journal Fishery Aquatic Science*, 47, 760-765.
24. **Gauldie R.W., 1990 b.** Vaterite otoliths in opah and two species of sunfish. *Acta Zool.Stekh.* 71, 193-199.
25. **Gauldie R.W., 1993.** The relationship of the ion content of some fish otoliths to temperature. *Comp. Biochem. Physiol.*, 66A, 19-24 .
26. **Gauldie R.W., Kellerman A., Radtke R.L. & Sharma S., 1993.** On the evolution of the crystalline structure of catfish otoliths. *Cybium*, 17, 299-326
27. **Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J & Huth, A. (2006).** A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological modelling*, 198(1), 115-126.
28. **Gulland J.A., 1969.** - Manuel of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. *FAO Man. Fish. Sci.*, 4: 154 p.
29. **Gulland, J.A., 1971** The fish resources of the ocean. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books), Ltd., for FAO, 255 p. Rev. ed. of *FAO Fish.Tech.Pap.*, (97):425 p.
30. **Hajje G , Hattour A , Allaya H , Cherif M , Bouain A and Jarboui O., 2010.** Length-weight relationships for 13 fish species. *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(37), pp. 6177-6181, 13 September, 2010 Gulf of Gabes (Southern Tunisia, Central Mediterranean)
31. **Harchouche K., 2006.** Contribution à la systématique du genre *Spicara*, écologie, biologie et exploitation de *Spicara maena* (poisson, téléostéen) des côtes algériennes. *Thèse Doctorat d'état. U.S.T.H.B.* 230p.
32. **Hemida F., 2005.** - Les Sélaciens de la côte algérienne : Biosystématique des Requins et des Raies : Ecologie, Reproduction et Exploitation de quelques populations capturées. *Thèse de Doctorat d'état, U.S.T.H.B., Alger* : 204 p.
33. **Holden, M. J., et Raitt, D. F. S. (1974).** - Manuel des sciences halieutiques. 2ème partie. Méthodes de recherches sur les ressources et leur application. *FAO Doc. Tech. Pêches*, (115) Rev. 1 : 1-223. invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2 (1) : 21.

34. **Kooijman, S. A. L. M. (2000).** *Dynamic energy and mass budgets in biological systems*. Cambridge university press.
35. **L'abee-Lund, J., 1984.** Otolith shape discriminates between juvenile atlantic salmon,
36. **Lalami Y., 1979.** Etude biologique et halieutique du rouget de vase (*Mullus barbatus L.*) des côtes algériennes. Thèse Doctorat es Sciences (Sciences Naturelles) *Univ. Sc Tech. Languedoc*, Montpellier : 510p.
37. **Lecomte-Finiger R., 1992.** Growth history and age at recruitment of european glass eels *A. anguilla* as revealed by otolith microstructure. *Marine Biology*, 114, 205-210
38. **Lecomte-Finiger R., 1999.** - L'otolithe : la « boîte noire » des Téléostéens. *Année Biol..Ed., Paris*.38: 107-122
39. **Mahe K., Bellail R., Dufour J-L., Boiron-Leroy A., Dimeet J., Duhamel E., Elleboode R., Felix J., Grellier P., Huet J., Labastie J., Le Roy D., Lizaud O., Manten M-L., Martin S., Metral L., Nedelec D., Verin Y., & Badts V., 2009.** Synthèse française des procédures d'estimation d'âge. *Ed Ifremer* : 78p.
40. **Morales-Nin B., 1985.** Caractericas de los otolitos cristalinos de *Genypterus capensis*. *Invest. Pesq.*, 49, 379-386.
41. **Mugiya Y. & Tanaka S., 1989.** Otolith resorption induced by anaerobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. *Journal of Fish Biology*, 35, 813-818.
42. **Mugiya Y., 1984.** Calcium 45 behavior at the level of the otolith organs of rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 40, 457-463.
43. **Nasreddine, K., 2010.** Recalage de signaux et reconnaissance de formes. Application à l'analyse des otolithes de poissons (Doctoral dissertation, Université de Bretagne occidentale-Brest).
44. **Nouar A., 2003.** Ecologie, biologie et exploitation d'une espèce de la famille des *Scorpaenidae* : *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Delaroche, 1809) des côtes algériennes. *Thèse de doctorat d'état ès Sciences, U.S.T.H.B*, Alger :154p.
45. **Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wright, P. (Eds.), 200.** Manual of Fish Sclerochronology, *Ifremer-IRD Edition*. Brest, France.
46. **Panfili, J., Pomuai H., Troadec H., & Wright p., 2002.** Manuel de sclérochronologie des poissons. *Coédition Ifremer-IRD*: 464 p.
47. **Pauly D., & Munro J. L., 1984.** - Once more on the comparison of growth in fish and
48. **Pauly D., 1980.** - On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons.C.I.E.M.*, 39 (2) : 175-192.
49. **Pauly D., 1985.** - Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons
50. **Pecquerie, L. (2008).** Bioenergetic modelling of the growth, development and reproduction of a small pelagic fish: the Bay of Biscay anchovy. *These de doctorat, Agrocampus Rennes et Vrije Universiteit, Amsterdam*.
51. **Pecquerie, L., Petitgas, P., & Kooijman, S. A. (2009).** Modeling fish growth and reproduction in the context of the Dynamic Energy Budget theory to predict environmental impact on anchovy spawning duration. *Journal of Sea Research*, 62(2), 93-105.
52. **Radhakrishan, K., He, W., Liu, M., Xie, S., 2009.** Otoliths - the biological CD-ROMs of fish. *Current Science* 97 (8), 1121-1122.

53. **Radtke R.L. & Dean J.M., 1982.** Increment formation in the otoliths of embryos larvae and juveniles of the nummichog *Fundulus heteroclitus*. *Fish. Bull. U.S.*, 80, 201-215.
54. **Riou, A. 2009.** ; Analyse de la structure des populations d'Epinephelus merra (poisson Serranidae) à partir de signatures chimiques des otolithes, au sein de La Réserve Naturelle Marine de La Réunion.
55. **Rivaton J., & Bourret P., 1999.** - Les otolithes des poissons de l'Indo-Pacifique. Centre IRD de Nouméa, *Document Scientifique et Technique II2, Volume spécial, 1999*, 377p. salmo salar l., and brown trout, salmo trutta l. *Netherlands Journal of Zoology* 34 (4), 566–595.
56. **Simkiss K.,1974.** Calcium metabolism of fish in relation to ageing. In: The ageing of fish, *Old working (ed.Bagenal TB), Surrey, England* , pp. 1-12.
57. **Sparre P. & Venema S. C., 1996.** - Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Prem. part. Manuel. *FAO Doc. Tech. Pêches, Rome : 306 (1) : 401p.*
58. **Stamatopoulos C. & Caddy J. F., 1987.**- Estimation of von Bertalanffy growth parameters: A versatile linear regression approach.
59. **Stamatopoulos, C. & J.F. Caddy (2011).** Fitting the von Bertalanffy growth function without supplementary parameters to seasonal tagging and length-at-age data, using linear regression models (accepted by a Greek Oceanographic Journal).
60. **Stratoudakis, Yorgos, Miguel Bernal, and Andrés Uriarte, eds. 2004.** The DEPM estimation of spawning-stock biomass for sardine and anchovy. Rapport des recherches Collectives, Vol. 268, *ICES, Pasara: 95 pp.*
61. **Tahari F. Zohra ,2011.** Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction d'un petit pélagique le saurel *Trachurus trachurus*: Spermatogenèse, Condition, RGS, RHS (Doctoral dissertation, Université Ahmed Ben Bella d'Oran1 Es Senia).
62. **Tomasini J.A., Bouchereau J.L. & Ben Sahala Talet A. 1989.** Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) des côtes oranaises (Algérie). *Cybiuim*, 13, 1, 37-50.
63. **Tresher R.E., Colin P.L. & Bell L.J., 1989.** Planktonic duration, distribution and population structure of Western and central Pacific damselfishes (Pomacentridae). *Copeia*, 2, 420-434. tropicaux. *FAO Doc. Tech. Pêches*, (234) : 56p.
64. **Tsikliras, A. C., Koutrakis, E. T., & Stergiou, K. I. ,2005.** Age and growth of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the northeastern Mediterranean. *Scientia marina*, 69(2), 231-240.
65. **Wallace, R. A., & Selman, K.,1981.** Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist*, 21(2), 325-343.
66. **ZEGHLOUL T., 2013.** Ecologie, Reproduction, Croissance et Exploitation du saurel *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758) dans le golfe de Jijel.*mémoire de magister. ENSSMAL.*

Logiciels utilisés

NETLOGO (2004). - “ Tissue, S., & Wilensky, U. (2004, October). NetLogo: Design and implementation of a multi-agent modeling environment. In *Proceedings of agent* (Vol. 2004, pp. 7-9).

R (2000) . - “ Team, R. C. (2000). R Language Definition.

Annexes

Il se demandait si c'était lui qui l'avait emmenée ou elle au contraire qui l'avait en quelque sorte annexé.

Georges Simenon

Tableau.1. Résultats de la standardisation de quelques individus des espèces des Clupeidae

	SEXE	LST	LF	HC	Lt	LC	DO	LM	LAND	LPD	LPA	LPP	LPPL	LPC
1	SPIND	9.89	12.64	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.30	0.03	0.82	1.31
2	SPIND	10.02	12.54	0.00	0.04	0.00	0.90	0.00	0.00	0.65	0.30	0.03	0.76	1.43
3	SPIND	9.96	12.53	0.00	0.04	0.00	0.80	0.00	0.00	0.68	0.29	0.02	0.72	0.67
4	SPF	9.71	12.46	0.00	0.05	0.00	0.80	0.00	0.00	0.73	0.30	0.03	0.85	1.35
5	SPIND	10.14	12.74	0.00	0.05	0.00	0.80	0.00	0.00	0.70	0.29	0.03	0.82	1.35
6	SPF	9.86	12.45	0.00	0.04	0.00	0.06	0.00	0.00	0.63	0.29	0.02	0.76	1.34
7	SPF	9.93	12.65	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.00	0.77	0.30	0.03	0.89	1.35
8	SPF	10.02	12.65	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00	0.00	0.78	0.31	0.03	0.92	1.27
9	SPIND	10.07	12.66	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00	0.00	0.76	0.30	0.03	0.88	1.27
10	SPF	10.40	12.77	0.00	0.06	0.00	0.60	0.00	0.00	0.82	0.32	0.03	1.02	1.45
11	SPM	10.17	12.66	0.00	0.05	0.00	0.63	0.00	0.00	0.78	0.30	0.03	0.88	1.19
12	SPF	10.09	12.76	0.00	0.06	0.00	0.65	0.00	0.00	0.71	0.31	0.03	0.93	1.02
13	SPF	10.03	12.53	0.00	0.05	0.00	0.72	0.00	0.00	0.64	0.26	0.03	0.72	1.42
14	SPM	9.86	12.63	0.00	0.04	0.00	0.15	0.00	0.00	0.68	0.26	0.02	0.73	1.43
15	SPF	10.09	12.45	0.00	0.05	0.00	0.12	0.00	0.00	0.67	0.28	0.03	0.74	1.34
16	SPF	9.84	12.28	0.00	0.04	0.00	0.13	0.00	0.00	0.65	0.27	0.02	0.68	1.50
17	SPM	9.87	12.45	0.00	0.04	0.00	0.12	0.00	0.00	0.71	0.28	0.02	0.73	1.43
18	SPM	9.98	12.73	0.00	0.05	0.00	0.51	0.00	0.00	0.75	0.29	0.03	0.83	1.26
19	SPF	9.95	12.20	0.00	0.05	0.00	0.62	0.00	0.00	0.66	0.27	0.03	0.71	0.59
20	SPM	10.08	12.28	0.00	0.05	0.00	0.55	0.00	0.00	0.73	0.29	0.03	0.77	1.34
21	SPM	9.89	12.28	0.00	0.04	0.00	0.56	0.00	0.00	0.61	0.28	0.02	0.75	1.34
22	SPM	9.86	12.45	0.00	0.04	0.00	0.20	0.00	0.00	0.68	0.28	0.02	0.74	1.34
23	SPIND	10.01	12.72	0.00	0.05	0.00	0.13	0.00	0.00	0.67	0.28	0.03	0.79	1.34
24	SPF	9.73	12.03	0.00	0.05	0.00	0.17	0.00	0.00	0.67	0.29	0.03	0.74	1.34
25	SPIND	9.95	12.28	0.00	0.05	0.00	0.17	0.00	0.00	0.66	0.28	0.03	0.75	1.38
26	SPM	9.67	11.95	0.00	0.05	0.00	0.44	0.00	0.00	0.63	0.26	0.03	0.70	1.34
27	SPF	9.98	12.28	0.00	0.04	0.00	0.61	0.00	0.00	0.62	0.26	0.02	0.69	1.25
28	SPF	9.95	12.37	0.00	0.04	0.00	0.54	0.00	0.00	0.69	0.28	0.03	0.71	1.34
29	SPM	9.81	12.20	0.00	0.04	0.00	0.54	0.00	0.00	0.67	0.28	0.02	0.72	1.21
30	SPIND	10.09	12.80	0.00	0.05	0.00	0.24	0.00	0.00	0.70	0.29	0.03	0.76	1.43
31	SAIND	9.41	11.99	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	0.00	0.12	3.20	0.00	0.33	0.00
32	SAIND	10.15	12.67	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.16	3.71	0.00	0.41	0.00
33	SAIND	10.88	12.73	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.18	3.94	0.00	0.45	0.00
34	SAIND	10.74	13.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00	0.23	4.27	0.00	0.52	0.00
35	SAIND	9.96	12.42	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.14	3.48	0.00	0.39	0.00
36	SAIND	10.33	12.72	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	0.00	0.19	3.62	0.00	0.47	0.00
37	SAIND	10.33	12.95	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	0.00	0.21	4.09	0.00	0.50	0.00
38	SAIND	11.69	13.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.28	4.72	0.00	0.68	0.00
39	SAIND	10.33	13.08	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.18	3.85	0.00	0.47	0.00
40	SAIND	10.97	13.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.37	5.65	0.00	0.81	0.00
41	SAIND	11.26	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.36	5.44	0.00	0.83	0.00
42	SAIND	10.72	13.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.32	5.23	0.00	0.77	0.00
43	SAIND	11.07	13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.38	5.15	0.00	0.82	0.00

44	SAIND	11.16	13.63	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	0.00	0.35	5.19	0.00	0.78	0.00
45	SAIND	11.55	13.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.39	5.81	0.00	0.79	0.00
46	SAIND	10.89	13.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.33	5.05	0.00	0.75	0.00
47	SAIND	11.16	13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.38	5.51	0.00	0.79	0.00
48	SAIND	10.98	13.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.35	5.13	0.00	0.82	0.00
49	SAIND	11.16	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.36	5.56	0.00	0.82	0.00
50	SAIND	11.25	13.61	0.00	0.00	0.00	0.00	9.90	0.00	0.35	5.76	0.00	0.80	0.00
51	SAIND	11.07	13.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.37	5.25	0.00	0.83	0.00
52	SAIND	11.07	13.61	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	0.00	0.34	5.05	0.00	0.79	0.00
53	SAIND	10.71	13.49	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	0.00	0.33	4.77	0.00	0.72	0.00
54	SAIND	10.72	14.58	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.00	0.34	4.76	0.00	0.75	0.00
55	SAIND	11.26	13.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.35	5.01	0.00	0.78	0.00
56	SAIND	10.77	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.30	4.88	0.00	0.73	0.00
57	SAIND	10.63	13.49	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.00	0.34	4.82	0.00	0.76	0.00
58	SAIND	10.59	12.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	0.00	0.22	3.99	0.00	0.53	0.00
59	SAIND	10.33	12.81	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.20	3.93	0.00	0.51	0.00

Tableau.2. 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 Écal	
	Mâles	Femelles				
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.3. 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 Écal	
	Mâles	Femelles				
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.4. 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.5. Analyse des populations virtuelle basée sur les longueurs appliquée sur la sardine

				extrapolation				
cc	Nombre	poids moyen	poids par classe de taille	Captures (kg)	Captures (nombre)	mortalité F par classe de taille	biomasse	rendement
L	N	aL^b	$Wm*N$	$WC = \frac{Wm*WA}{WT}$	$\frac{WC}{Wm}$	F	Bm (kg)	y (kg)
8.25	7	0.004	0.028	23.155	5853.280	0.014	10755.026	23.179
8.75	7	0.005	0.033	27.664	5853.280	0.015	12084.494	27.693
9.25	13	0.006	0.073	60.777	10870.378	0.028	13410.760	60.839
9.75	39	0.007	0.256	213.793	32611.133	0.087	14679.207	214.012
10.25	57	0.008	0.435	363.478	47662.425	0.132	15729.544	363.851
10.75	84	0.009	0.740	618.626	70239.364	0.206	16532.414	619.261
11.25	96	0.010	0.970	811.189	80273.559	0.253	16942.271	812.022
11.75	157	0.012	1.809	1513.060	131280.716	0.458	16999.084	1514.612
12.25	155	0.013	2.026	1694.391	129608.350	0.517	16129.487	1696.129
12.75	127	0.015	1.874	1566.829	106195.228	0.491	14874.682	1568.436
13.25	95	0.017	1.575	1316.607	79437.376	0.424	13575.606	1317.957
13.75	96	0.019	1.780	1488.151	80273.559	0.500	12382.745	1489.678
14.25	68	0.021	1.404	1174.331	56860.437	0.412	10868.223	1158.248
14.75	47	0.023	1.077	900.881	39300.596	0.336	9584.530	901.805
15.25	35	0.025	0.887	742.020	29266.402	0.290	8470.965	742.781
15.75	41	0.028	1.146	958.290	34283.499	0.401	7439.596	959.273
16.25	30	0.031	0.922	770.683	25085.487	0.358	6118.272	771.473
16.75	32	0.034	1.077	900.953	26757.853	0.483	4957.593	901.877
17.25	17	0.037	0.626	523.152	14215.109	0.334	3653.351	523.689
17.75	13	0.040	0.522	436.160	10870.378	0.329	2758.682	436.607
18.25	6	0.044	0.262	218.944	5017.097	0.195	1973.900	219.169
18.75	4	0.047	0.189	158.393	3344.732	0.165	1438.942	158.556
19.25	3	0.051	0.154	128.635	2508.549	0.082	988.207	128.767
19.75	2	0.055	0.111	92.671	1672.366	0.070	601.494	92.766
20.25	3	0.060	0.179	149.922	2508.549	0.500	300.152	150.076
			20.154	16852.754			62140.629	16852.754

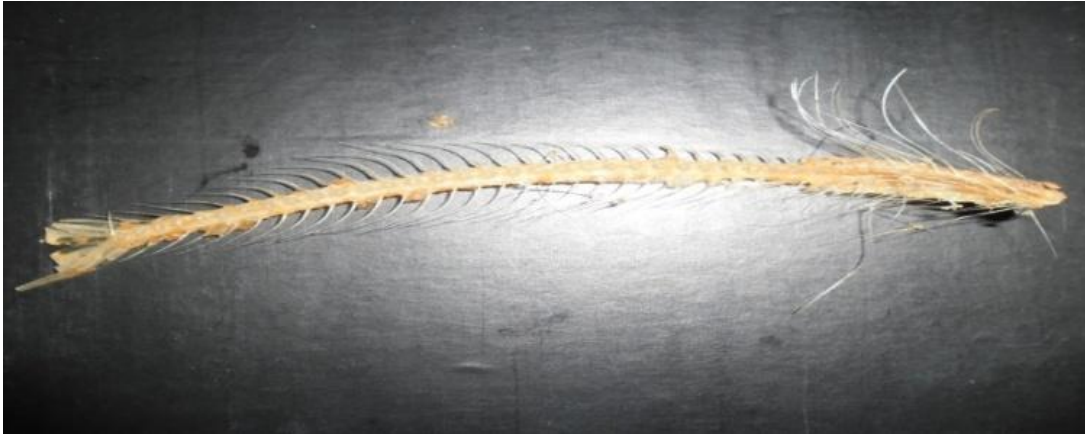


Figure.1 : la forme de vertèbre de *Clupeidae*