



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID EL TARF UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم علوم البحار
Department of Marine Sciences



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en

« **Bioressource Marine** »

Thème

**Contribution à l'étude de la biologie des athérines
de la lagune El Mellah.**

Présenté Par : **HANI Ayoub & ZENIDI Saber**

Soutenue publiquement le : 15/06/2026

devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
TAHRI Mardja	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Présidente
ZAIDI Raouf	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur de mémoire
LADJAMA Imene	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examinatrice

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Monsieur Zaidi Raouf**, mon encadrant, pour son accompagnement précieux tout au long de ce mémoire de master. Ses conseils avisés et sa disponibilité ont été indispensables à la réussite de ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à **Madame Ladjama Imene**, présidente du jury, pour son expertise et son rôle clé dans l'évaluation. Je lui suis reconnaissant pour le temps consacré à l'analyse de mon travail.

Enfin, je remercie chaleureusement **Madame BENNOUR Afef**, membre du jury, pour ses remarques pertinentes et constructives. Son implication a grandement enrichi la qualité de ce mémoire.

DEDICACES

AYOUB

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à **mes parents et à ma sœur** pour leur amour, leur soutien indéfectible et leurs sacrifices tout au long de mon parcours.

SABER

Je souhaite exprimer ma gratitude à tous les **membres de ma famille : ma mère, mon père, ma sœur et mes frères**. Que Dieu vous protège tous.

À tous, je dédie ce travail avec reconnaissance et affection.

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Données statistiques pour chaque caractère numérique de la population totale d' <i>Atherina boyeri</i> d'El Mellah, Moy,: Moyenne, ET: écart type, M: mode, Lim: valeurs limites.	26
02	Coefficients de corrélation et relations d'allométrie entre les différents couples de longueurs chez la population totale, mâles et femelles d' <i>Atherina boyeri</i> de la lagune Mellah,	27
03	Longueurs rétrocalculées par âge, pour la population d' <i>A. boyeri</i> de la lagune Mellah	29

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Répartition géographique d' <i>Atherina boyeri</i> (www.fishbase.org)	07
02	Senne utilisé dans l'échantillonnage d' <i>A. boyeri</i> dans la lagune Mellah.	11
03	Caractères numériques dénombré sur <i>A. boyeri</i> lors de cette étude.	12
04	Caractères métrique mesuré lors de cette étude,	14
05	Localisation de la zone de prélèvement des écailles d' <i>A. boyeri</i> de la lagune el Mellah,	20
06	Définition des champs et emplacement des mesures prises sur l'écaille d' <i>Atherina boyeri</i> de la lagune El Mellah ; Rt: rayon totale de l'écaille; r1: rayon du premier annulus; AM: accroissement marginal; B , écaille régénérée,	20
07	Variations mensuelles de l'accroissement marginal (AM) des écailles d' <i>A. boyeri</i> d'El Mellah.	28
08	Croissance linéaire observée (C, L,O), théorique (C,L,T,) et accroissement linéaire annuel (A,A,) chez les mâles (A), et les femelles (B) d' <i>A. boyeri</i> de la lagune Mellah, utilisant les écailles,	29

Introduction Générale	01
CHAPITRE I : Généralités	04
1. Description de la famille des Athérinidés	05
2. Caractères distinctifs de l'espèce <i>Atherina boyeri</i>	05
2.1. Position systématique	06
2.2. Synonymie et noms vernaculaires	06
2.3. Distribution géographique	06
2.4. Biologie	07
2.5. Régime alimentaire	08
3. Situation de la pêche d' <i>Atherina boyeri</i> dans le monde et en Algérie	08
CHAPÎTRE II : MORPHOMETRIE	09
1. Introduction	10
2. Matériels Et Méthodes	11
2.1. Echantillonnage	11
2.2. Critères numériques	12
2.3. Caractères métriques	13
2.4. Dimorphisme sexuel	15
CHAPÎTRE III : AGE ET CROISSANCE	17
1. INTRODUCTION	18
2. MATERIEL ET METHODES	19
2.1. Etude de l'âge par la SCALIMETRIE	19
2.1.1. Description des écailles	19
2.1.2. Prélèvement et examen des écailles	19
2.1.3. Dépôt des anneaux d'arrêt croissance et accroissement marginal	21
2.2. Modélisation de la croissance	22
2.2.1. Croissance linéaire absolue	22
2.2.2. Croissance relative ou relation taille-poids	22
2.2.3. Croissance pondérale Absolue	24
VI. RESULTATS	25
V. DISCUSSION	31
CONCLUSION	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	40

INTRODUCTION

GENERALE

La Méditerranée, cette mer semi close bordée par trois continents, représente un hotspot mondial de biodiversité marine malgré sa superficie limitée (environ 2,5 millions de km²). Formée il y a 5,3 millions d'années lors de la crise de salinité messénienne, elle abrite plus de 17 000 espèces animales et végétales, soit près de 20% de la biodiversité mondiale pour seulement 0,82% de la surface océanique planétaire (**Coll et al., 2010**). Ce rôle pivot s'explique par une combinaison unique de facteurs : un gradient latitudinal marqué du nord au sud, des influences océaniques atlantiques via le détroit de Gibraltar, et une productivité primaire variable due à des upwellings côtiers et des apports fluviaux (**Caddy, 1999 ; Coll et al., 2010; CIESM, 2012; Lazzari, 2021**). La Méditerranée soutient non seulement des écosystèmes pélagiques riches en plancton et grands migrateurs comme les thons, mais aussi des habitats benthiques diversifiés, des herbiers de posidonies aux récifs coralligènes (**Boudouresque et al., 2012; Ballesteros, 2006**). Cependant, cette biodiversité est sous pression : surpêche, pollution, eutrophisation et réchauffement climatique (augmentation de 1,2 °C en surface depuis 1982) menacent 41% des espèces endémiques (UNEP/MAP, 2020).

Les zones de transition, telles que les lagunes côtières, les estuaires et les marais salants, constituent des interfaces dynamiques entre eaux douces et marines, amplifiant la richesse spécifique méditerranéenne. Ces écosystèmes hybrides, couvrant moins de 1% des côtes mais abritant jusqu'à 30% des espèces locales, favorisent une euryhalinité et une eurythermie extrêmes, propices à des assemblages trophiques complexes (**Boudouresque et al., 2006**). En Algérie, des sites emblématiques comme la lagune d'El Mellah ou les complexes d'El Kala illustrent cette dynamique : salinités oscillant de 0 à 60 psu et températures de 6 à 30 °C créent des niches pour des espèces opportunistes, des invertébrés benthiques aux poissons résilients. Ces zones jouent un rôle clé en nurserie pour les juvéniles de nombreuses espèces commerciales, tout en servant de corridors migratoires. Néanmoins, l'anthropisation croissante, urbanisation, aquaculture intensive et plastiques altère ces hotspots, avec des déclin de 20-50% en biomasse poissonneuse observés localement (**Azzella et al., 2022 ; FAO, 2011**). Étudier ces interfaces est essentiel pour modéliser la résilience face au changement climatique et informer les stratégies de gestion intégrée.

Au sein de ces zones de transition, la famille des Atherinidae (lançons ou mulets-spats) occupe une place stratégique en tant qu'espèces pionnières et indicatrices. Euryhalines par excellence, ces petits téléostéens (généralement < 15 cm) colonisent les eaux saumâtres et côtières peu profondes (0-5 m), sur fonds sableux, vaseux ou herbeux, avec une tolérance à des salinités de 0 à 70 psu et des températures de 5 à 28 °C (**Kovačić & Dulčić, 2015**). En

Méditerranée, des genres comme *Atherina* (*A. boyeri*) ou *Crassius* forment des populations semi-isolées, différenciées morphologiquement et génétiquement, adaptées aux gradients environnementaux (**Eklöf et al., 2012**). En Algérie, particulièrement dans les lagunes de l'Est (El Kala. Oubeïra & El Mellah), ils dominent les pêches artisanales, mais subissent des pressions par surpêche et contamination aux microplastiques. Leur étude révèle des dynamiques populationnelles sensibles aux perturbations, justifiant une attention accrue en écologie lagunaire.

Le mémoire est structuré en cinq chapitres, il débute par cette introduction générale, suivi d'une revue bibliographique (Chapitre 1), d'une description du site d'étude et des méthodes (Chapitre 2 et 3 : morphométrie, estimation de l'âge, étude de la croissance), des résultats (Chapitre 4), d'une discussion (Chapitre 5) et d'une conclusion avec perspectives, L'objectif principal est de décrire les mesures ou distances entre différents points ou repères de l'athérine du lac Mellah, d'estimer sa croissance, afin de définir un cadre de conservation spécifiquement adapté au contexte algérien, Ce travail pallie le manque de données locales et s'inscrit ainsi dans la mise en œuvre de la stratégie nationale de gestion des zones humides.

CHAPITRE I :

GENERALITES

1. Description de la famille des Athérinidés

Les Athérinidae colonisent les eaux superficielles côtières des mers tropicales et tempérées. Certains sont principalement marins, confinés aux zones peu profondes comme les criques, calanques et ports insulaires ou continentaux, d'autres, euryhalins et eurybiotes, envahissent lagunes saumâtres, estuaires et eaux douces (**Quignard & Pras, 1986; Bruslé & Quignard, 2001; Nelson et al., 2016**).

Ce sont des poissons semi-pélagiques ou pélagiques, grégaires, ils forment de petits bancs sur fonds sableux, rocheux ou herbiers (**Freyhof & Kottelat, 2008**). Petits carnivores dominants, ils se nourrissent surtout de crustacés : copépodes planctoniques en mer et lagunes profondes, amphipodes benthiques en lagunes peu profondes (**El Sayed, 2004**). Leur teneur en graisse varie saisonnièrement (**Bartulović et al., 2004**). Proies prisées de prédateurs comme l'anguille (*Anguilla spp.*), le loup (*Dicentrarchus labrax*), la sole et d'autres carnivores.

Morphologie : Corps couvert d'écailles cycloïdes lisses, peu adhérentes, quadrangulaires ou pentagonales (champ postérieur large/transparente ; antérieur avec circuli et angle obtus). Nageoires quasi incolores (blanc-jaunâtre/grisâtre).

Deux dorsales espacées : 1re (plus petite, épines flexibles variables) ; 2e (1 épine + rayons segmentés variables).

Anale : Plus longue, alignée sous la 2e dorsale (1 épine antérieure + rayons segmentés).

Pectorales : Haut placées, masquent la bande argentée antérieure (1 épine + rayons segmentés).

2. Caractères distinctifs de l'espèce *Atherina boyeri*

Atherina boyeri, petit Téléostéen Actinoptérygien, ne dépasse pas 20 cm de longueur totale, Son corps élancé est peu comprimé latéralement, avec une tête aplatie dorsalement et des yeux latéraux. La bouche oblique aux mâchoires protractiles subégales atteint ou dépasse légèrement l'avant de l'œil ; elle est armée de dents fines/pointues sur mâchoires, vomer, palatins et ectoptérygoïdes, Branchiospines fines et longues, Estomac siphonal sans caecums pyloriques ; anus distant de l'origine anale (**Trabelsi, 1989**).

Coloration : Dos gris-jaunâtre ponctué de noir ; ventre blanchâtre ; flancs grisâtres avec bande argentée médiane brillante (de l'aisselle pectorale à la base caudale). Cette bande s'estompe

chez les morts (devient terne), et brun/noir chez les spécimens fixés à l'alcool ou formol (Quignard & Pras, 1986 ; Keith, 2008).

2.1. Position systématique

Selon Bouchet et Fontaine (2009), le genre *Atherina* occupe la position systématique suivante:

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Sous Embranchement	Vertebrata
Super classe	Gnathostoma
Classe	Actinopteri
Ordre	Atheriniformes
Famille	Atherinidae
Sous famille	Atherininae
Genre	<i>Atherina</i>
Espèce	<i>Atherina boyeri</i>

2.2. Synonymie et noms vernaculaires

Atherina boyeri (Risso, 1810), petit athérinidé euryhalin des côtes méditerranéennes et atlantiques, porte plusieurs synonymes scientifiques : *Atherina presbyter* (Cuvier, 1829); *Atherina cortii* (Sacchi, 1880), et anciennement *Atherina hepsetus* (Linné, 1758) (synonymie partielle résolue par Whitehead et al., 1986).

Ses noms vernaculaires varient selon les régions : en français, athérine boyeri, grande athérine ou mullet d'eau douce ; en anglais, big-scale sand smelt ; en italien, cefalo lattino ou atherina ; en espagnol, aherina ; en arabe, ghanem el barr ou atherina boyeri (adapté localement en Algérie).

Ces dénominations reflètent son écologie côtière/saumâtre, commune en lagunes comme celles d'El Kala (Quignard & Pras, 1986 ; Francour & Mouine, 2008).

2.3. Distribution géographique

Atherina boyeri est une espèce littorale commune en Méditerranée et les mers annexes (Adriatique, mers Noire, Caspienne et d'Aral). En Atlantique, son aire de distribution (Fig 1)

s'étend des Azores aux côtes Scandinaves (**Kiener et Spillmann, 1969; Quignard et Pras, 1986**). Elle est fréquente dans les estuaires et les lagunes saumâtres côtières, remontant parfois jusqu'en eau douce (lacs Trasamino, Karoun. Caramargue, Iznik). Elle se rencontre également dans les eaux littorales marines abritées, sur fond sableux ou rocheux mixte, parfois d'herbier.

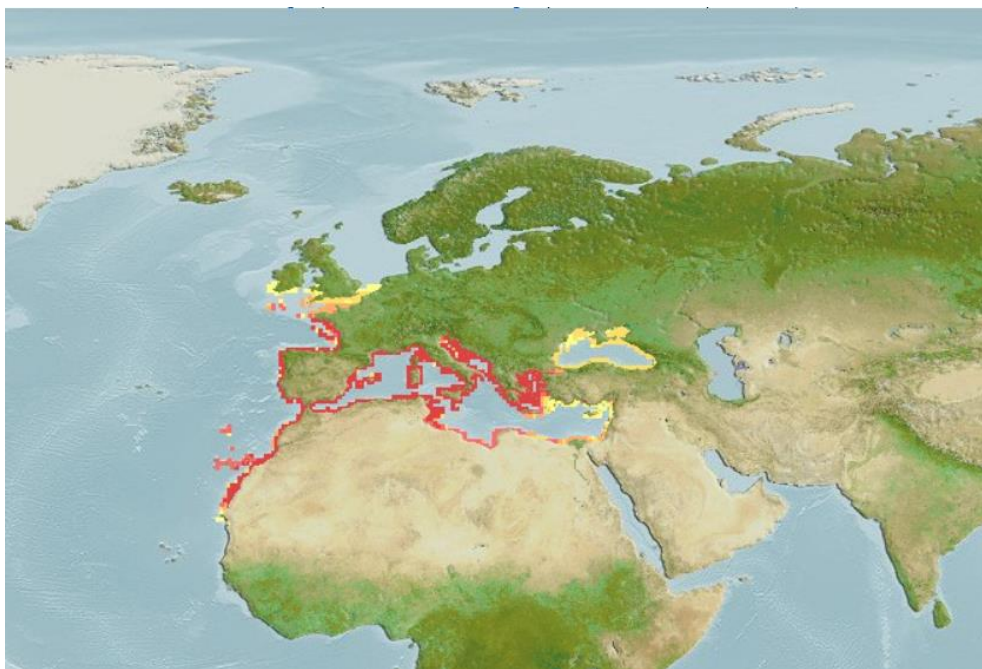


Figure 1. Répartition géographique d'*Atherina boyeri* (www.fishbase.org)

2.4. Biologie

Ces petits poissons forment des populations locales semi-isolées, distinctes sur les plans biologique et morphologique (**Eklossa-Kilia et al., 2002 ; Eklöf et al., 2012**). Euryhalins et eurythermes, ils supportent des salinités de 0 à 60 psu (optimum : 3-12 psu) et des températures de 6 à 25 °C. et remontent occasionnellement les eaux douces (**Louisy, 2002 ; Kovačić & Dulčić, 2011**). Ils colonisent des zones côtières abritées (0-3 m de profondeur), sur fonds détritiques, rocheux ou à herbiers.

Les sexes sont séparés, avec une morphologie similaire entre mâles et femelles, bien que ces dernières soient souvent plus grandes (**Marfin, 1981**). La maturité sexuelle est atteinte à 4 cm (1 an), sans différence entre les sexes (Rochette et al., 2010). Les gonades sont simples : testicules lobulaires blancs ou ovaire unique (noircissant à la maturation par le péritoine). La ponte et la fécondation sont externes ; les œufs démersaux (0.3-2 mm), filamenteux, adhèrent aux algues, rochers ou sable, et se présentent en trois morphs (transparents < 0.6 mm ; blancs-

jaunes ≤ 0.9 mm ; vitellins ≥ 1 mm). L'éclosion survient à 5-6 mm (environ 30 jours) ; les juvéniles mesurent 8-10 cm. avec une taille maximale de 13 cm (**Keith. 2008 ; Dulčić et al., 2008**).

2.5. Régime alimentaire

Atherina boyeri est carnivore, adoptant un régime planctophage en mer (zooplancton dominant) et benthophage en lagunes et eaux douces (petits invertébrés) (**Quignard & Pras, 1986**). Son alimentation variée inclut crustacés (copépodes, amphipodes). Mollusques, annélides et larves de poissons ; elle évolue avec la taille et l'habitat (**Rochette et al., 2010 ; Dulčić et al., 2008**). Larves et juvéniles ciblent de minuscules proies comme larves de copépodes ou mollusques.

3. Situation de la pêche d'*Atherina boyeri* dans le monde et en Algérie

Atherina boyeri occupe une place importante dans les pêcheries lagunaires et côtières de nombreuses régions, notamment en Méditerranée, en mer Noire et dans certains lacs et réservoirs intérieurs où l'espèce a été introduite à des fins halieutiques (**Baker, 2015**). Sa petite taille, sa croissance rapide et sa maturité précoce en font une ressource intéressante pour les pêcheries artisanales, souvent exploitée en pêche multi-spécifique ou transformée (poisson frit, appâts, farine de poisson) (**Leonardos & Sinis, 1999 ; Maci & Basset, 2010**). Dans plusieurs lagunes méditerranéennes et lacs côtiers (Grèce, Italie, Turquie, Espagne), *A boyeri* peut représenter une part très élevée des captures en nombre, dépassant parfois 50% de l'ichtyofaune exploitée et constituant une source de revenu non négligeable pour les pêcheurs locaux (**Doğan, 2009**).

En Algérie, l'espèce est particulièrement abondante dans certaines zones humides de l'Est, comme la lagune du Mellah (**Chaoui et al., 2006**) et d'autres systèmes côtiers, où elle domine fréquemment les captures en nombre et contribue significativement à la production lagunaire, bien que souvent sous-valorisée commercialement. La pression de pêche reste généralement artisanale (filets maillants, sennes, nasses), mais s'ajoute à d'autres contraintes écologiques (pollution, modification hydrologique), ce qui justifie un suivi plus précis de l'état des stocks et de la durabilité de son exploitation en Algérie (**Mechiane & Saci, 2022**).

CHAPITRE II : MORPHOMETRIE

1. Introduction

En milieu marin, la délimitation des unités de gestion halieutique demeure complexe, car l'océan constitue un environnement continu, dépourvu de barrières physiques évidentes, au sein duquel les poissons peuvent se déplacer librement sur de vastes distances (**Ihssen et al., 1981; Alheit et Hagen, 1997; Zitari-Chatti et al., 2009 ; Cadrin et al., 2014**). Cette continuité spatiale rend difficile l'identification précise des frontières entre stocks, malgré l'existence de gradients environnementaux ou de comportements migratoires distincts (**Hilborn et Walters, 1992**).

Pour surmonter ces difficultés, un large éventail de méthodes directes et indirectes a été développé afin de distinguer les populations ichtyologiques, chaque approche présentant des avantages et des limites propres à l'espèce et au contexte étudié (**Kerr et al., 2017**). Il est souvent recommandé d'adopter une approche intégrée ou holistique, combinant plusieurs techniques complémentaires (morphologie, génétique, otolithes, marquage, écologie), afin de réduire les incertitudes et de converger vers une définition plus robuste des stocks (**Ihssen et al., 1981 ; Cadrin et al., 2005 ; Stephenson, 2002**). Parmi les outils les plus utilisés pour la discrimination des stocks, on trouve notamment les marqueurs morphologiques (forme du corps), la morphologie et la microchimie des otolithes, ainsi que les marqueurs moléculaires (**Begg et al., 1999; Campana, 1999; Cadrin et al., 2005**).

Depuis plusieurs décennies, la morphométrie classique et géométrique s'impose comme un outil pertinent pour explorer les différences de forme entre stocks et populations de poissons, et ainsi contribuer à leur identification (**Bookstein, 1991; Turan, 2004**). Cette approche repose sur la mesure de caractères externes tels que la conformation générale du corps, la position relative des nageoires, le diamètre de l'œil ou encore certaines distances et proportions corporelles (**Poulet et al., 2004**). Un inconvénient récurrent de la morphométrie réside dans l'effet de la taille sur les variables mesurées, mais ce biais peut être limité par des procédures de normalisation, des corrections allométriques ou des transformations mathématiques appropriées, permettant d'éliminer ou de réduire l'influence de la taille (**Elliott et al., 1995; Turan, 1999; Reist, 1985**).

L'identification fiable des stocks représente un enjeu essentiel pour la mise en place de stratégies de gestion des pêches adaptées, en vue d'une exploitation durable des ressources marines et de la conservation de leur diversité intra-spécifique (**Cadrin et al., 2014**). Les différences phénotypiques observées entre populations résultent généralement de l'interaction

entre la variabilité génétique et les conditions environnementales. ce qui confère aux approches morphométriques un rôle de premier niveau dans la mise en évidence de structures spatiales au sein des espèces (Allendorf et Luikart, 2007; Swain et Foote, 1999). Ces analyses peuvent ainsi constituer une étape préliminaire utile, à compléter par des études génétiques et écologiques plus approfondies, pour améliorer la compréhension et la gestion des populations marines concernées (Ihssen et al., 1981).

2. Matériel et méthodes

2.1. Echantillonnage

L'échantillonnage lagunaire a été effectué à l'aide d'une senne de plage (**L: 10 m. h: 1.2 m. vide de maille: 4 mm**) (Fig. 2), sur une période de 12 mois (mai 2025-avril 2026), avec une fréquence d'un prélèvement par mois. L'échantillon est transporté ensuite dans une glacière pour qu'il soit conservé au frais au laboratoire à -4°C. afin d'effectuer une série de mensurations.

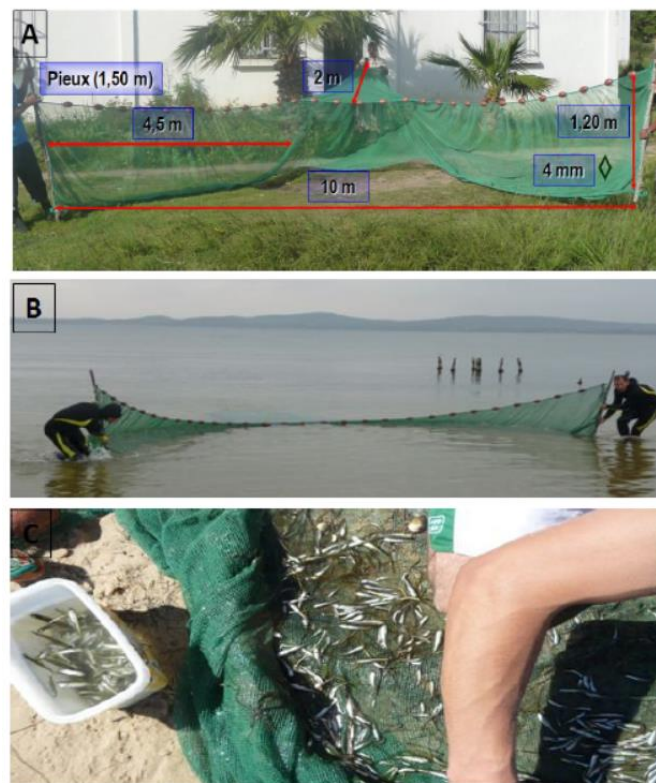


Figure 2. Senne utilisé dans l'échantillonnage d'*A. boyeri* dans la lagune Mellah.

2.2. Caractères numériques

Les paramètres numériques ont été observés sous loupe binoculaires chez tous les individus. La limite de comptage des écailles de la ligne latérale sont comprises entre la base de la bordure operculaire et la limite de la partie charnue du pédoncule caudale (qui est aussi la limite de la mesure de la longueur standard). Huit caractères numériques (**Fig. 3**) ont été pris en considération, soit : VE (nombre de vertèbres). NELL (nombre d'écailles sur la ligne latérale). TGinf (nombre de branchiospines inférieur). TGsup (nombre de branchiospines supérieur). NRNP (nombre de rayons de la nageoire pectorale). NRND1 (nombre de rayons de la 1ère nageoire dorsale). NRND2 (nombre de rayons de la 2ème nageoire dorsale). NRNA (nombre de rayons de la nageoire anale).

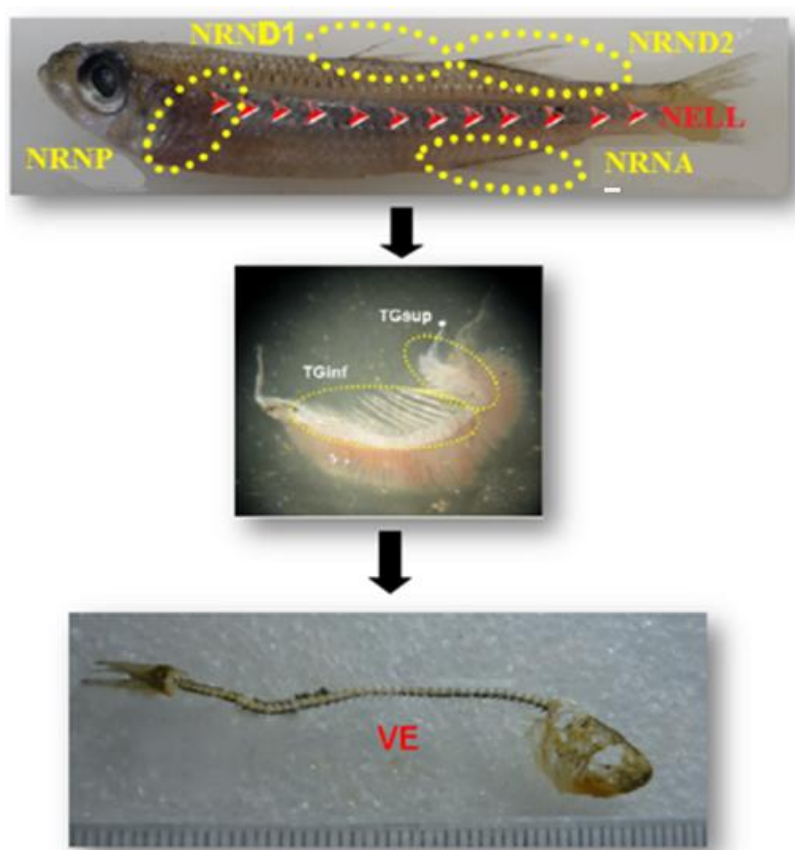


Figure 3. Caractères numériques dénombré sur *A. boyeri* lors de cette étude.

Afin de déceler d'éventuelles différences au niveau des caractères numériques en fonction des sexes et/ou des sites, chaque caractère est décrit par son mode, ses valeurs limites et sa moyenne, L'analyse de variance (ANOVA) a été utilisée pour comparer les valeurs moyennes entre populations pour chaque site, et a été complétée par le test de comparaison des moyennes deux à deux (test de Newman-Keuls, SNK) utilisant le logiciel SPSS v. 13.0

(SPSS. 2004). Lorsqu'il y a une différence entre les deux échantillons, nous avons calculé le coefficient de différence (CD) de Mayr Linsley et Usinger (**Quignard, 1966**) pour connaître leur niveau taxonomique respectif:

$$C.D. = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_1 + S_2}$$

où:

X : Valeur moyenne du caractère étudié

S: écart-type de la moyenne

Il est généralement admis (**Géry, 1962**) que lorsque 75 % des individus d'une population diffèrent par un ou plusieurs caractères de 75 % des individus d'une autre population ($CD > 0.67$), nous sommes en présence de différences raciales entre ces deux populations. Lorsque 75 % des individus d'une population diffèrent de 97 % de ceux d'une autre population ($CD > 1.28$), ces deux populations diffèrent sub-spécifiquement.

2.3. Caractères métriques

Un total de 14 caractères métriques a été utilisé pour décrire la morphologie d'*A. boyeri* (**Fig 4**): Lt (longueur totale), Ls (longueur standard), Lm (longueur du museau), DO (diamètre orbitaire), LPo (longueur post-orbitaire), Lc (longueur céphalique), MD1 (distance depuis le museau jusqu'à la 1ère dorsale), MD2 (distance depuis le museau jusqu'à la 2ème dorsale), DAn (distance depuis le museau jusqu'à la nageoire anale), Eid (distance entre la 1ère et la 2ème dorsale), O-O (Distance interorbitaire), Hc (hauteur du corps), Hpc (hauteur du pédoncule caudal), BD1 (longueur de la 1ère nageoire dorsale), Les mesures ont été effectuées au dixième de millimètre près à l'aide d'un pied à coulisse électronique,

Le coefficient de corrélation "r" est calculé et le type d'allométrie est déterminé en utilisant le test "t" de Student (Dagnelie, 1975) pour chaque paramètre, La valeur de tobs est comparée à celle de "t" théorique: $t_{1-\alpha/2}$ (donnée par la table de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5 % pour (n-2) degré de liberté,

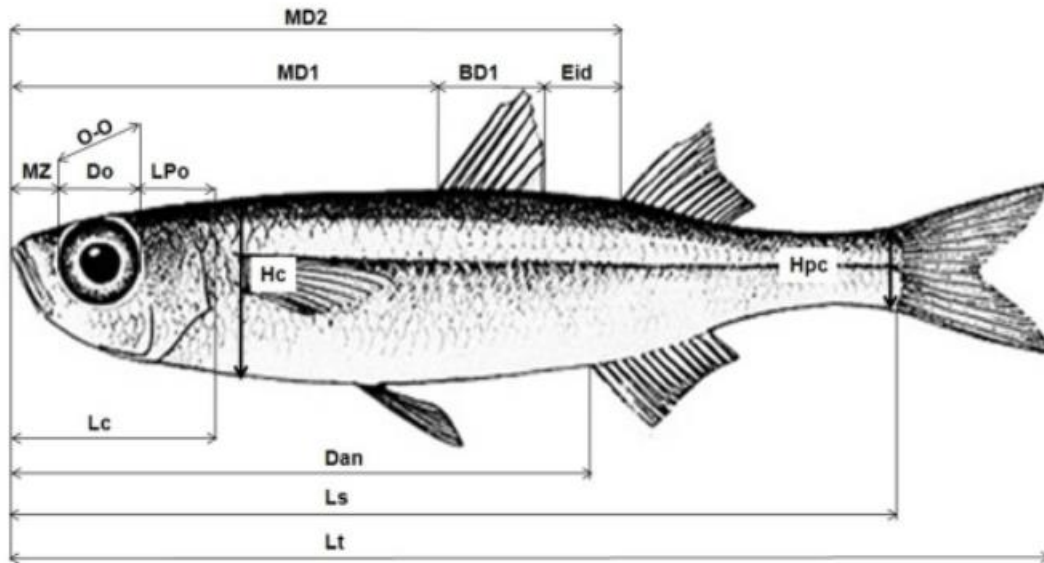


Figure 4. Caractères métrique mesuré lors de cette étude.

Afin de caractériser la morphologie des athérines des sites étudiés, les différentes parties du corps sont exprimées en fonction de la longueur totale ou de la longueur céphalique, Etant données les variations de certains de ces rapports au cours de la croissance du poisson, et afin de mettre de manière plus expressive les changements relatifs de ces dimensions, nous avons utilisé la méthode des moindres rectangles (axe majeur réduit) qui est une équation de régression préconisée par Teissier (1948) pour les études d'allométrie, Elle s'écrit de la manière suivante :

$$Y = bX + a$$

Avec: b: pente de la droite,

$$b = \frac{\text{Ecart type } y}{\text{Ecart typex}}$$

a: ordonné à l'origine,

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

X et Y: dimensions mesurées sur un même individu,

La valeur tobs est calculée en utilisant le test "t" de Student (Dagnelie, 1975) qui s'écrit de la manière suivante:

$$t_{obs} = \frac{(|b^2 - 1| \cdot \sqrt{n - 2})}{(2b \cdot \sqrt{1 - r^2})}$$

où:

n: nombre de couples de données,

r: coefficient de corrélation,

b: coefficient d'allométrie (pente),

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique = $t_{1-\alpha/2}$ (valeur donnée par table de Student) ou α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5%, Deux cas peuvent se présenter:

- Si $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$: on accepte l'hypothèse, la différence n'est pas significative et $b = 1$, il y a donc une isométrie entre les deux paramètres étudiés,
- Si $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$: on rejette l'hypothèse, la différence est significative entre la pente et la valeur théorique, il y a donc une allométrie minorante (négative) si $b < 1$, ou allométrie majorante (positive) si $b > 1$,

2,4, Dimorphisme Sexuel

Afin de déceler une éventuelle différence morpho-somatique suivant le sexe ou le site d'échantillonnage, nous avons comparé pour chaque caractère les équations des droites de régression entre les deux sexes, Pour cela, nous avons utilisé le test "t" de Student adapté aux axes majeurs réduits, On compare tout d'abord les pentes des deux axes en comparant une différence à son erreur standard:

$$tpe = \frac{|a_1 - a_2|}{\sqrt{Var(a_1 - a_2)}}$$

à (n - 4) degrés de liberté, où:

a1 et a2: pentes des deux droites,

n: nombre total de couples,

Si la différence de pente n'est pas significative, on compare alors la position des deux droites expérimentales par deux "droites auxiliaires" parallèles passant par les centres de gravité des échantillons mais de pente intermédiaire commune, On calcule une variance commune autour de ces parallèles; c'est une régression combinée "tpo":

$$tpo = \frac{Y_{1P} - Y_{2P}}{\sqrt{Var(Y_{1P} - Y_{2P})}} = \frac{|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2| - a_p(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{S^2 y_p \left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \times \left(\frac{2}{1 + R_p} \right) + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{NS^2 X_p} \right]}}$$

où:

$\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$: Distance entre les droites auxiliaires.

$\bar{Y}_1$ et $\bar{Y}_2$: moyenne des Y des droites expérimentales.

$\bar{X}_1$ et $\bar{X}_2$: moyenne des X des deux droites expérimentales.

a_p : Pente de la droite auxiliaire.

R_p : Coefficient de corrélation moyen.

$\frac{1}{n_1}(S^2 Y_p)$ et $\frac{1}{n_2}(S^2 Y_p)$: variance de $\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$ considérées comme moyennes de $Y_{1P} - Y_{2P}$.

$NS^2 X_p$: Covariance des X_p .

N : Nombre total de couples,

La valeur de tobs est comparée à celle de "t" théorique = $t_{1-\alpha/2}$ (valeur donnée par table de Student) ou α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5%, Deux cas peuvent se présenter :

- Si $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$: on accepte l'hypothèse, la différence est significative, alors il y a un dimorphisme sexuel,
- Si $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$: on rejette l'hypothèse, la différence n'est pas significative, il n'y a pas donc un dimorphisme,

CHAPÎTRE III :

AGE ET CROISSANCE

1, Introduction

Chez les Téléostéens, les arrêts de croissance au cours de la vie se traduisent par des perturbations structurales visibles sur les calcifications (écailles, épines, otolithes), souvent faciles à identifier, Lorsque ces marques présentent une périodicité régulière tout au long de l'existence du poisson, elles permettent d'estimer l'âge et d'analyser la croissance,

Les données sur l'âge et la croissance sont cruciales pour comprendre les traits d'histoire de vie des espèces et populations (longévité, âge au recrutement, maturité sexuelle, reproduction, migrations, mortalité), ainsi que la structure démographique et la dynamique des stocks, En écologie et paléoécologie, elles aident à évaluer les réponses adaptatives aux pressions environnementales naturelles (variations climatiques) ou anthropiques (pêche, pollution, aménagements côtiers), Face à l'appauvrissement actuel des ressources aquatiques, des données sclérochronologiques fiables sont indispensables pour guider les gestionnaires dans la gestion durable des pêcheries et l'exploitation des ressources halieutiques économiquement importantes (**Morato, 2005**).

En halieutique, l'évaluation de l'âge individuel est essentielle pour appréhender la dynamique des populations de poissons et gérer leurs stocks (**Casselman, 1987 ; Cailli et al., 2001**), Elle sous-tend le calcul d'autres paramètres biologiques comme la croissance, la mortalité et le recrutement (Campana, 2001), Chez les populations naturelles, l'âge s'estime indirectement via la distribution des tailles (méthodes de Petersen, Le Guen, Bhattacharya, Harding-Cassie) ou directement par la lecture des annuli sur les structures calcifiées (sclérochronologie ou otolithométrie), Ces approches se complètent souvent pour des comparaisons, Chez les Ostéichthyens, on privilégie les otolithes sacculaires (otolithométrie) ou les écailles (scalimétrie), mais le choix dépend de l'espèce et de l'environnement, Grâce à sa simplicité de prélèvement, préparation et lecture, l'échelle reste un outil privilégié pour l'âge individuel,

La pêche à *A. boyeri* est l'une des plus importantes sur la côte méditerranéenne espagnole, constituant une ressource halieutique majeure aux côtés de *Sparus aurata* et des Mugilidae dans la lagune Mar Menor (**Guevara et Sautier-Casaseca, 1977 ; Cabo, 1979**), En Grèce, l'athérine est devenue une espèce commerciale clé dans certains lacs (**Koutrakis, 2000**), En Turquie, elle est exportée depuis le lac Izник (**Özeren, 2009**), Bien qu'elle présente un fort intérêt économique ailleurs, ses données biologiques font défaut dans le sud-ouest de la Méditerranée, où son exploitation reste limitée ou inexistante (**Kraïem et al., 2003**),

2. Matériel et méthodes

2.1. Etude de l'âge par la SCALIMETRIE

La détermination individuelle de l'âge d'un poisson peut être abordée de 2 façons distinctes :

- Par marquage-recapture, cette méthode est souvent difficilement applicable chez les espèces de petite taille et suppose une pêche organisée pour permettre le retour des marques ;
- Par interprétation des marques naturelles présentes sur les éléments squelettiques (rayons des nageoires, Opercules, vertèbres) ou sur diverses structures dure, comme les otolithes ou les écailles, L'étude de la croissance et de l'estimation de l'âge d'*A. boyeri* de la lagune Mellah, a été réalisée en utilisant les méthodes directes (scalimétrie).

Vue que la lecture des otolithes pour la détermination de l'âge nécessite plusieurs traitements (coloration, immersion dans les huiles, brûlant, polissage, gravure à l'acide et coupe) qui ne sont malheureusement pas disponible à notre échelle, nous avons opté pour SCALIMETRIE (utilisation des écailles), Ces dernières font partie du squelette superficiel des poissons, au même titre que les rayons des nageoires (**Meunier et al., 1979**).

2,1,1, Description des écailles

La morphologie des écailles du flanc est simple et très constante chez *A. boyeri*, Les écailles sont en forme de pentagone approximativement symétrique dont un côté, en position postérieure par rapport au poisson, est en arc de cercle, Mis à part les variations individuelles et "accidents" les côtés dorsal et ventral sont sensiblement rectilignes, Les côtés antérieurs sont en forme d'angle très obtus et l'onglet généralement peu marqué (**Marfin, 1981**).

2,1,2, Prélèvement et examen des écailles

Pour écarter les sources d'erreurs, les écailles doivent être toujours prélevées au même endroit, Ainsi, elles ont toujours été prélevées sur le flanc gauche, dans la rangée placée sous la bande argentée à partir de la septième en arrière de la nageoire pectorale (**Fig 5**), les six premières étant plus ou moins irrégulières (**Marfin, 1981**), Dans cette zone, les écailles sont de forme grossièrement pentagonale avec le côté postérieur en arc de cercle, Souvent dissymétriques, elles se composent de 4 champs : antérieur, postérieur, dorsal et ventral (**Fig 6**), Les radii sont absents ; les circuli, bien marqués, sont concentriques au nucléus et couvrent le champ antérieur, Ils suivent le bord antérieur de l'écaille et leur extrémité s'incurve parfois vers l'arrière, envahissant alors légèrement les champs dorsal et ventral, Le champ postérieur correspond à la partie apparente de l'écaille en place, Il ne possède

aucune ornementation superficielle et se prête aisément aux observations, Il convient de mentionner que la partie centrale des écailles présente parfois des lacunes superficielles, A leur niveau, les reliefs de l'écaille disparaissent ; le nucléus, qui sert d'origine aux mesures, n'est cependant jamais totalement effacé (**Marfin, 1981**). Après avoir essuyé soigneusement la zone de prélèvement, au moins une dizaine d'écailles sont prélevées sur un même individu dont la longueur totale est mesurée au millimètre près et dont le poids est déterminé au gramme près.



Figure 5. Localisation de la zone de prélèvement des écailles d'*A. boyeri* de la lagune el Mellah.

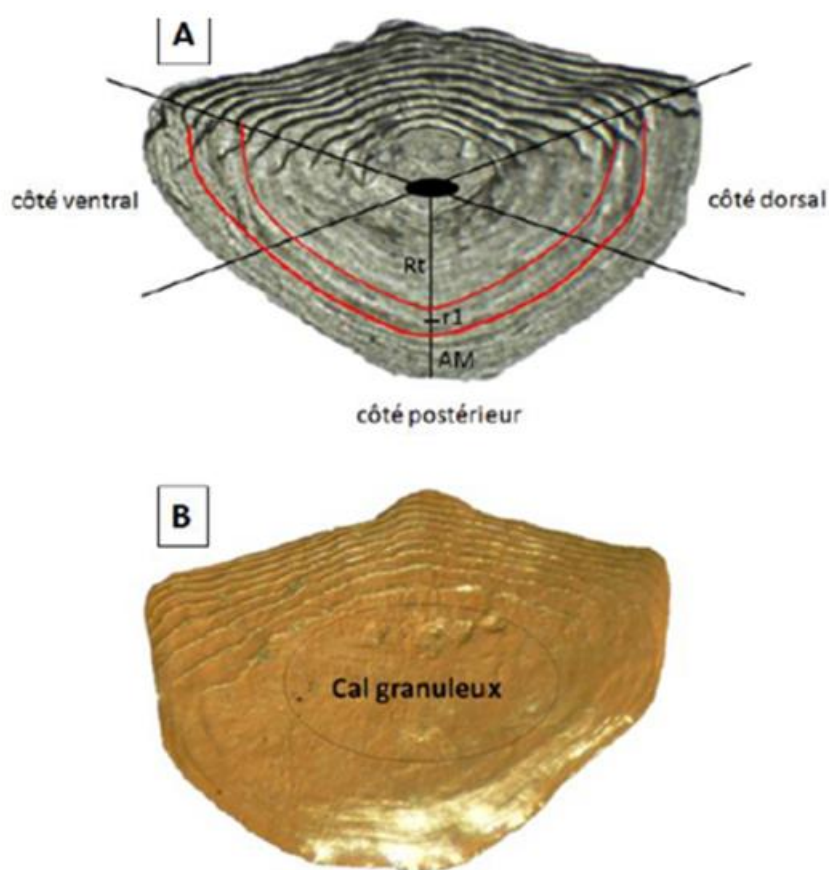


Figure 6. A. Définition des champs et emplacement des mesures prises sur l'écaille d'*Atherina boyeri* de la lagune El Mellah ; Rt: rayon totale de l'écaille; r1: rayon du premier annulus; AM: accroissement marginal; **B,** écaille régénérée.

L'étude de l'âge utilisant les écailles a été effectuée sur un échantillon de 421 individus ($1,9\text{cm} \geq L_t \geq 8,7\text{cm}$, $1,96\text{g} \geq P_t \geq 7,83\text{g}$), La lecture a été réalisée utilisant un logiciel TNPC (Mahé et al., 2011),

2,1,3, Dépôt des anneaux d'arrêt croissance et accroissement marginal

La chronologie de l'apparition des anneaux d'arrêt de croissance sur les écailles et les otolithes a été déterminée par le suivi mensuel de l'accroissement marginal (AM) (**Fig 6**) pendant un cycle annuel (mai 2025-avril 2026), Son suivi permet de préciser, indifféremment des âges, la période de formation de l'anneau d'arrêt de croissance, Ces variations temporelles ont été également suivies afin de mettre en évidence d'éventuelles périodes de ralentissement de la croissance, L'accroissement marginal est maximal immédiatement avant la formation du $n + 1$ ème anneau, nul pendant celle-ci, puis correspond à la plus faible des valeurs observées juste après la formation du $n + 1$ ème anneau, c'est à dire au moment de la reprise de la croissance, L'accroissement marginal est exprimé par la relation:

$$AM = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}$$

où:

AM: accroissement marginal de l'écaille ou de l'otolithe (mm),

R: rayon total de l'écaille ou de l'otolithe (mm),

R_n : rayon du dernier anneau d'arrêt de croissance formé (mm),

R_{n-1} : rayon de l'anneau qui précède R_n (mm),

Après avoir démontré l'existence d'une relation linéaire entre le rayon de l'écaille/otolithe et la longueur totale du poisson, les couples âge-longueur ont été rétrocalculés par la méthode de Lee (1920) qui stipule que chaque fois qu'une zone de moindre croissance s'inscrit sur l'écaille, la distance du nucleus à cette zone est proportionnelle à la longueur du poisson lors de la formation de cette dernière, Si e_i représente le rayon de l'écaille à l'époque "i" de formation de l'ième anneau hivernal, la taille l_i du poisson atteint à cette époque lui est reliée par l'expression :

$$l_i = L \cdot \left(\frac{e_i}{E} \right) + b$$

2,2, Modélisation de la croissance

2,2,1, Croissance linéaire absolue

Les modèles mathématiques de croissance sont nombreux et présentent tous leurs avantages et leurs inconvénients, Les deux modèles les plus classiques et les plus anciens sont ceux de **Gompertz (1825)** et de **Von Bertalanffy (1938)**, de la forme :

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

L_t : longueur totale à l'âge t (cm),

L_{∞} : longueur asymptotique ou longueur théorique maximale (cm),

K : taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance ($K > 0$),

t_0 : âge théorique (année) que le poisson aurait eu à la taille zéro ($L_t = 0$)

t : âge,

Le modèle de Gompertz permet de bons ajustements sur des grands intervalles de temps mais son emploi est complexe, Le modèle de von Bertalanffy permet parfois de meilleurs ajustements, Dans la mesure où il est d'un emploi assez souple et où les ajustements qu'il permet sont souvent satisfaisants, ce dernier modèle est le plus utilisé, C'est donc celui-ci que nous avons retenu (Marfin, 1981), L'expression mathématique de von Bertalanffy (1938) fait apparaître trois paramètres d'ajustement L_{∞} , et K qui sont déterminés dans le cas présent à l'aide du logiciel FISAT II® (version 1,2,2) (**Gayanilo et Pauly, 1997**), Quant au t_0 il a été déterminé suivant la formule:

$$t_0 = t + \frac{1}{K} \cdot \ln \left(1 - \frac{L_t}{L_{\infty}} \right)$$

Pour comparer les paramètres de croissance obtenus dans différentes localités, on a utilisé l'indice de performance de croissance de **Munro et Pauly (1983)** qui s'écrit comme suit :

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

2,2,2, Croissance relative ou relation taille-poids

L'expression mathématique de la croissance relative permet, pour sa part, de connaître l'embonpoint des poissons (**Richter, 2000**) et constitue une donnée nécessaire pour

l'estimation des biomasses ichthyologiques et l'analyse des changements ontogénétiques (Safran, 1992),

D'une manière générale, la croissance relative permet de vérifier l'existence d'une corrélation liant le poids à la taille du poisson et de modéliser la relation, Si le poisson garde la forme générale et le même poids durant toute son existence, son poids sera proportionnel au cube de sa longueur selon la relation suivante (Saila, 1988):

$$Pt = a Lt^b$$

Avec:

Pt: poids total

Lt: longueur totale

a: constante,

b: coefficient d'allométrie,

Les paramètres a et b sont déterminés par le programme Fishparm® vers 3 (Prager, 1987),

Cette équation peut être linéarisée par transformation logarithmique des données :

$$\text{Log } P = b \text{ Log } L + \text{Log } a,$$

L'ajustement de ce modèle linéaire aux données longueur-poids observées est réalisé par la méthode des moindres rectangles, La valeur de coefficient b est comparée statistiquement à $b_0 = 3$ au seuil $\alpha = 5\%$ à l'aide du test t de Student (Dagnelie, 1975):

$$t_{obs} = \frac{\left| b^2 - b_o^2 \right| \cdot \sqrt{n-2}}{(2b \cdot b_o \sqrt{1-r^2})}$$

n: effectif;

b: pente;

bo: pente théorique ($b_0 = 3$)

r: coefficient de corrélation,

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique: $t_{1-\alpha/2}$ (donnée par le test de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5% pour $n - 2$ degré de liberté,

Trois cas peuvent alors se présenter: si $b < 3$, l'allométrie est minorante, si $b = 3$, il y a isométrie, si $b > 3$, l'allométrie est majorante,

2,2,3, Croissance pondérale absolue

Connaissant tous les paramètres de l'équation de von Bertalanffy et le coefficient d'allométrie "b", nous avons calculé le poids théorique pour chaque groupe d'âge, L'équation de la croissance pondérale absolue s'écrit de la manière suivante:

$$P = P_{\infty}(1 - e^{K(t-t_0)})^b.$$

Avec:

P: poids total du poisson à l'âge t (g),

P_{∞} : poids asymptotique ou poids théorique maximal (g),

b: pente de la droite exprimant la relation taille-poids,

K et t_0 sont identiques à ceux de l'équation de la croissance linéaire absolue

CHAPÎTRE IV :

RESULTATS

1, Caractères numériques

Le **tableau 1** illustre les statistiques descriptives pour chaque caractère numérique de la population totale étudiée chez *A. boyeri*, Le nombre de rayons sur la 1ère nageoire dorsale est compris entre 6 et 10 (mode = 7) pour la population de la lagune Mellah, Le nombre de rayons sur la 2ème nageoire dorsale oscille entre 9 et 14 (mode = 12) pour la population de la lagune Mellah, Le nombre de rayons sur la nageoire pectorale est situé entre 11 à 16 (mode = 14) pour la population de la lagune Mellah, Le nombre de rayons sur la nageoire anale d'*A. boyeri* est compris entre 10 et 16 (mode = 14) pour la population de la lagune Mellah,

L'arc branchial d'*A. boyeri* porte 15 à 22 branchiospines inférieures (mode = 17) pour la population de la lagune Mellah, L'arc branchial d'*A. boyeri* porte 6 à 8 branchiospines supérieures (mode = 7) pour la population de la lagune Mellah,

Le nombre d'écailles sur sa ligne latérale d'*A. boyeri* est situé entre 38 et 46 (mode = 40) pour la population de la lagune Mellah, Quant au nombre de vertèbres d'*A. boyeri*, il varie entre 37 et 42 (mode = 40) pour la population de la lagune Mellah,

Tableau 1. Données statistiques pour chaque caractère numérique de la population totale d'*Atherina boyeri* d'El Mellah, Moy,: Moyenne, ET: écart type, M: mode, Lim: valeurs limites.

Caractère	Moy	ET	M	Lim	
				Min	Max
NRD1	7,12	0,65	7	6	10
NRD2	11,61	0,61	12	9	14
NRNP	13,22	1,15	14	11	16
NRNA	14,15	1,77	14	10	16
NELL	40	1,55	40	38	46
TGinf	17,03	1,88	17	15	22
TGsup	6,96	0,79	7	6	8
VE	40,15	1,32	40	37	42

2, Caractères métriques

La morphologie de 421 individus d'*Atherina boyeri* de la lagune Mellah ($1,9\text{cm} \geq \text{Lt} \geq 8,7\text{cm}$) est décrite en utilisant 14 paramètres métriques,

Les équations de conversion des différents caractères métriques en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) et leurs coefficients de corrélation, sont consignées dans le **tableau 2**,

Tous les paramètres mesurés sont significativement corrélés à la longueur totale ou à la longueur céphalique ($P < 0,005$) ($0,83 \leq r \leq 0,99$; $P < 0,005$),

Les cas de croissance allométrique majorante sont les plus fréquents, elle concerne sept caractères (Ls, Lc, MD1, MD2, Dan, BD1, Lm), le cas d'allométrie minorante est observé pour quatre caractères (Eid, Do, Lpo, O-O), alors que l'isométrie de croissance concerne deux caractères (Hc, Hpc),

Tableau 2. Coefficients de corrélation et relations d'allométrie entre les différents couples de longueurs chez la population totale, mâles et femelles d'*Atherina boyeri* de la lagune Mellah.

Fonction	Relation d'Allométrie	R	Valeurs limites (cm)
Ls = f (Lt)	Ls = 1,013 Lt -0,715	0,98 (+)	$1,6 \leq Ls \leq 8,2$
Lc = f (Lt)	Lc = 0,846 Lt -0,220	0,97(+)	$0,64 \leq Lc \leq 1,72$
MD1 = f (Lt)	MD1 = 0,964 Lt -0,342	0,97(+)	$0,95 \leq MD1 \leq 3,44$
MD2 = f (Lt)	MD2 = 1,072 Lt -0,515	0,98(+)	$1,33 \leq MD2 \leq 5,02$
Dan = f (Lt)	Dan = 1,021 Lt -0,560	0,99(+)	$1,01 \leq Dan \leq 5,13$
Eid = f (Lt)	Eid = 1,093 Lt -0,115	0,93(-)	$0,26 \leq Eid \leq 1,41$
Hc = f (Lt)	Hc = 1,113 Lt -1,015	0,97(=)	$0,43 \leq Hc \leq 1,86$
Hpc = f (Lt)	Hpc = 1,002 Lt -0,075	0,96(=)	$0,40 \leq Hpc \leq 0,91$
BD1 = f (Lt)	BD1 = 1,288 Lt -0,066	0,84(+)	$0,12 \leq BD1 \leq 0,76$
Lm = f (Lc)	Lm = 1,023 Lc -0,315	0,94(+)	$0,18 \leq Lm \leq 0,62$
Do = f (Lc)	Do = 0,813 Lc -0,315	0,97(-)	$0,33 \leq Do \leq 0,8$
Lpo = f (Lc)	Lpo = 1,113 Lc -0,442	0,97(-)	$0,27 \leq Lpo \leq 0,94$
O-O = f (Lc)	O-O = 0,985 Lc -0,227	0,91(-)	$0,19 \leq O-O \leq 0,75$

3, Dimorphisme sexuel

L'égalité des variances résiduelles entre les sexes séparés (mâles et femelles) est confirmée par le test F, La comparaison entre les sexes des caractères métriques d'*A. boyeri* de la lagune Mellah, montre l'existence de différences significatives ($P < 0,05$) qui concernent les longueurs post-orbitaire et céphalique, les distances à la première dorsale et à la nageoire anale pour la population,

4, Âge

4,1, Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon de l'écaille ou de l'otolithe

La relation entre la longueur totale du poisson (Lt) et le rayon de l'écaille (Re) est exprimée par l'équation suivante : $Lt = 1,39 Re + 0,25$ (cm) ($r = 0,927$; $P < 0,05$), où la valeur de l'ordonnée à l'origine correspond à la taille théorique (en cm) des poissons à l'apparition des premières écailles (0,25 cm),

4,2, Accroissement marginal

La comparaison des valeurs moyennes mensuelles successives de l'accroissement marginal (AM) des écailles (**Fig 7**) montre des différences significatives ($P < 0,001$) entre les mois d'avril et mai, Ces valeurs permettent de considérer qu'il n'apparaît qu'un seul anneau d'arrêt de croissance par an, La valeur de l'accroissement marginal est maximale lorsque l'anneau d'arrêt de croissance se forme en avril (0,145), et minimale (0,009) juste après, en mai,

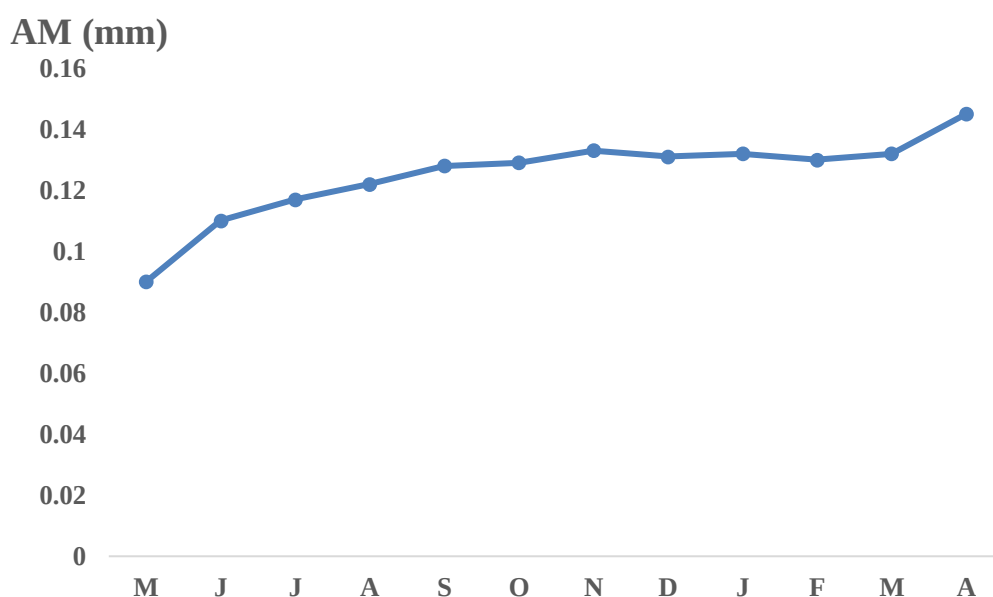


Figure 7. Variations mensuelles de l'accroissement marginal (AM) des écailles d'*Atherina boyeri* d'El Mellah (les différentes lettres indiquent les différents groupes de moyennes).

4,3, Étude rétrospective de la taille par âge

En utilisant les écailles, nous avons pu isoler quatre classes d'âge allant de 0⁺ à 3 ans,

Tableau 3. Longueurs rétrocalculées par âge, pour la population d'*A. boyeri* de la lagune Mellah.

AGE	Lt1		Lt2		Lt3	
	N	$\bar{x} \pm SD$	N	$\bar{x} \pm SD$	N	$\bar{x} \pm SD$
1	224	4,02 ± 0,29				
2	93	4,11 ± 0,41		4,93 ± 0,44		
3	45	4,26 ± 0,55		5,67 ± 0,61		6,76 ± 0,29
Total	342					

5, Croissance linéaire absolue

La relation qui résulte de l'application du modèle de von Bertalanffy aux couples âge-longueur observés, s'exprime de la manière suivante :

$L_t = 8,97 [1 - e^{-0,356} (t + 0,941)]$ pour la population totale ;

Les longueurs théoriques/observées correspondantes à chaque âge sont représentées graphiquement dans la **figure 8**, La taille maximale théorique est égale à 7,8 cm, Elle est sensiblement inférieure à celle observée (8,7 cm), La valeur de la longueur asymptotique des femelles (L_{∞} écailles = 10,29 cm) est supérieure à celle des mâles (L_{∞} écailles = 8,77 cm),

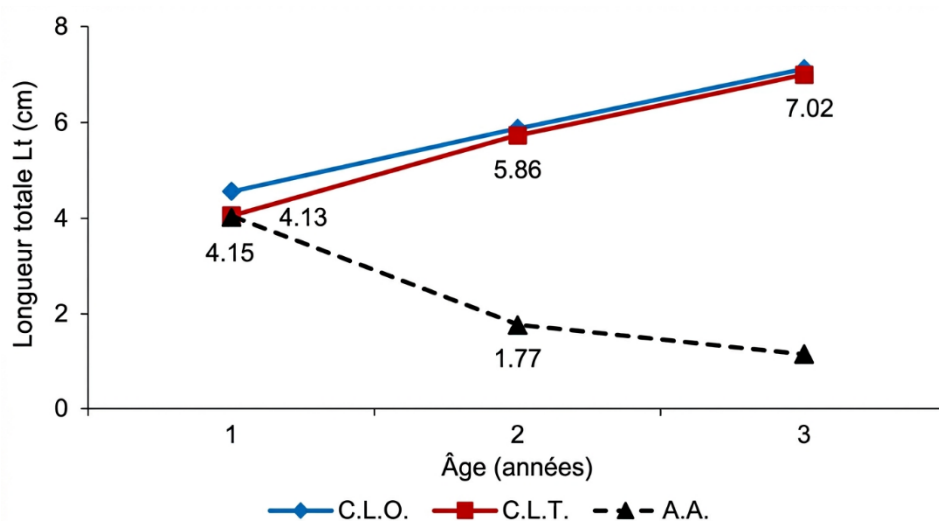


Figure 8. Croissance linéaire observée (C, L,O), théorique (C,L,T,) et accroissement linéaire annuel (A,A,) chez les mâles (A), et les femelles (B) d'*A. boyeri* de la lagune Mellah, utilisant les écailles.

Le taux annuel de croissance linéaire est relativement élevé durant la première année avec 4,15 cm, puis il tend à diminuer fortement entre la première et la deuxième année (**Fig 8**) atteignant 1,11 cm/an, L'indice de performance est égal à $\phi = 3,27$,

6, Relation taille-poids

La relation taille-poids globale d'*A. boyeri* est exprimée par la relation :

$$P_t = 0,0092 L_t^{3,084} (r^2 = 0,951),$$

Une différence significative est observée entre les mâles et les femelles (ANCOVA, $F = 103,07$, $P < 0,05$), L'allométrie entre la taille et le poids est majorante, traduisant ainsi une croissance pondérale plus rapide que la croissance linéaire, L'expression mathématique de la relation taille-poids a été établie mensuellement, Les résultats obtenus mettent en évidence une corrélation hautement significative entre la taille et le poids ($0,89 \leq r^2 \leq 0,97$) pour la population totale,

7. Croissance pondérale absolue

Connaissant les principaux paramètres du modèle de von Bertalanffy (L_∞ , K , t_0) et le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids, Le modèle de la croissance pondérale absolue s'écrit comme suit : $P_t = 3,814 ([1 - e^{-0,34 (t+0,87)}])^{3,144}$ pour la population totale,

CHAPITRE V :

DISCUSSION

L'analyse des caractères numériques constitue un outil fondamental dans la caractérisation morphologique des populations de poissons. Elle permet, en effet, d'établir des comparaisons inter-populationnelles et d'évaluer le degré de différenciation entre stocks géographiquement distincts (Quignard, 1966 ; Ihssen et al., 1981). Dans la présente étude, huit caractères numériques ont été dénombrés chez les individus d'*Atherina boyeri* récoltés dans la lagune El Mellah, révélant une variabilité inter-individuelle modérée qui reflète à la fois la plasticité phénotypique de l'espèce et les conditions environnementales particulières de ce milieu lagunaire.

Le nombre de rayons de la première nageoire dorsale (NRD1), compris entre 6 et 10 avec un mode de 7 et une moyenne de 7,12, s'inscrit dans la fourchette décrite dans la littérature pour l'espèce (5 à 11 selon les populations). Ces valeurs sont comparables à celles rapportées pour les populations de l'étang de Thau (7,9) et d'Oldbury en Angleterre (7,58) par Palmer et Culley (1979), témoignant d'une certaine stabilité de ce caractère à l'échelle méditerranéenne. Le nombre de rayons de la deuxième nageoire dorsale (NRD2), oscillant entre 9 et 14 avec un mode de 12 et une moyenne de 11,61, ainsi que le nombre de rayons de la nageoire pectorale (NRNP), situé entre 11 et 16 (mode = 14 ; moyenne = 13,22), sont légèrement inférieurs aux valeurs mentionnées pour les populations tunisiennes marines par Kartas et Trabelsi (1990), qui atteignent 15,33 pour la nageoire pectorale. Ces différences pourraient être attribuées à la nature lagunaire et saumâtre du milieu El Mellah, susceptible d'exercer des pressions de sélection distinctes de celles qui s'exercent en milieu marin ouvert.

Concernant le nombre de vertèbres (VE), les valeurs obtenues dans la présente étude s'étendent de 37 à 42, avec un mode de 40 et une moyenne de 40,15. Ces résultats sont très proches de ceux enregistrés en Libye (42,2), mais sensiblement inférieurs aux valeurs rapportées pour les populations tunisiennes par Kartas et Trabelsi (1990) qui atteignent 45,1, ainsi qu'aux valeurs enregistrées à Veerse Meer, aux Pays-Bas (45,1), à Oldbury (44,48) et en France (Marfin, 1981). Le nombre de vertèbres est un caractère particulièrement sensible aux conditions thermiques qui prévalent durant le développement embryonnaire ; des eaux plus chaudes tendent généralement à produire des individus avec un nombre de vertèbres réduit (phénomène bien documenté chez les Téléostéens). La température élevée de la lagune El Mellah durant la saison de reproduction pourrait donc expliquer en partie ce déficit vertébral relatif par rapport aux populations plus septentrionales.

Le nombre d'écaillés sur la ligne latérale (NELL), variant de 38 à 46 avec une moyenne de 40, est également inférieur aux valeurs rapportées par Kartas et Trabelsi (1990) pour les eaux littorales tunisiennes (45,4), par Kiener et Spillmann (1969) pour Veerse Meer (46,2) et par Marfin (1981) en France (47,4). Ces différences confirment l'existence d'un gradient décroissant de ces comptages méristiques du nord vers le sud, en lien probable avec les gradients thermiques latitudinaux, conformément à la règle de Jordan qui postule une réduction du nombre de structures méristes dans les milieux plus chauds. Quant au nombre de branchiospines, les résultats de la présente étude (15 à 22 branchiospines inférieures ; 6 à 8 supérieures) se rapprochent des données compilées dans la littérature (23 à 31 au total), avec une moyenne de 23,99 comparable à celle mentionnée par Kartas et Trabelsi (1990) pour les athérines lagunaires (26,49) et par Marfin (1981) pour les populations françaises (25,3). Les branchiospines, qui jouent un rôle dans la filtration des particules alimentaires, présentent une plasticité moindre en lien avec le régime alimentaire disponible dans la lagune El Mellah.

L'analyse morphométrique de 421 individus d'*Atherina boyeri* de la lagune El Mellah (1,9 à 8,7 cm), a été conduite à partir de 14 caractères métriques. L'ensemble des paramètres mesurés présente des corrélations hautement significatives avec la longueur totale ou la longueur céphalique ($0,83 \leq r \leq 0,99$; $P < 0,005$), ce qui confirme l'existence de relations de croissance relatives bien définies au sein de cette population. Ces corrélations élevées témoignent de la cohérence morphologique de la population étudiée et valident l'approche allométrique adoptée.

L'examen des types d'allométrie révèle une prédominance des cas d'allométrie majorante, concernant sept caractères : la longueur standard (Ls), la longueur céphalique (Lc), la distance jusqu'à la première dorsale (MD1), la distance jusqu'à la deuxième dorsale (MD2), la distance jusqu'à la nageoire anale (DAn), la longueur de la première nageoire dorsale (BD1) et la longueur du museau (Lm). Cette allométrie positive signifie que ces dimensions croissent proportionnellement plus vite que la longueur totale, traduisant des modifications morphologiques progressives liées à la maturation et à l'ontogenèse. En particulier, l'allométrie majorante de la longueur céphalique et de la longueur du museau reflète la spécialisation trophique progressive de l'espèce avec l'âge, phénomène observé chez d'autres Athérinidés méditerranéens (Marfin, 1981 ; Trabelsi et al., 1989).

À l'inverse, quatre caractères présentent une allométrie minorante : Eid, Do, Lpo et O-O. Cette croissance relative plus lente de la région orbitaire par rapport à la taille globale du

poisson est un schéma fréquemment décrit chez les Téléostéens, où les yeux, proportionnellement plus grands chez les juvéniles, tendent à réduire leur rapport relatif au cours de la croissance. Ce phénomène peut être mis en relation avec les contraintes hydrodynamiques et les exigences visuelles différentes selon les stades de développement. Enfin, deux caractères – la hauteur du corps (Hc) et la hauteur du pédoncule caudal (Hpc) – présentent une croissance isométrique, indiquant que ces dimensions restent proportionnelles à la longueur totale tout au long de la croissance. L'isométrie de la hauteur du corps implique que la silhouette générale de l'espèce, caractérisée par un corps élancé, est conservée au fil de la croissance, ce qui constitue un avantage hydrodynamique dans les milieux lagunaires soumis à des variations de courants et de salinité.

La relation taille-poids globale, exprimée par l'équation $Pt = 0,0092 Lt^{3,084}$ ($r^2 = 0,951$), indique une allométrie majorante avec un coefficient $b = 3,084$, significativement supérieur à 3 ($P < 0,05$). Ce résultat révèle que la croissance pondérale est légèrement plus rapide que la croissance linéaire, ce qui est caractéristique d'une bonne condition corporelle. Des coefficients b comparables ont été rapportés pour d'autres populations méditerranéennes de l'espèce (Leonardos & Sinis, 1999 ; Özeren, 2009), tandis que des valeurs inférieures à 3, traduisant une allométrie minorante, ont été observées dans certaines populations soumises à des contraintes nutritionnelles sévères. La forte corrélation observée entre la taille et le poids ($0,89 \leq r^2 \leq 0,97$ selon les mois) confirme la stabilité de cette relation dans le temps et valide son utilisation pour l'estimation de la biomasse.

La question du dimorphisme sexuel chez *A. boyeri* est fondamentale pour comprendre les stratégies d'histoire de vie de cette espèce et pour affiner les modèles d'évaluation des stocks, lesquels requièrent souvent la distinction des sexes lorsque les trajectoires de croissance divergent significativement (Marfin, 1981 ; Rochette et al., 2010). L'analyse comparative des caractères métriques entre mâles et femelles de la lagune El Mellah, réalisée à l'aide du test t de Student appliqué aux axes majeurs réduits, met en évidence l'existence d'un dimorphisme sexuel significatif ($P < 0,05$) qui concerne quatre caractères morphométriques : la longueur post-orbitaire, la longueur céphalique, la distance depuis le museau jusqu'à la première nageoire dorsale et la distance depuis le museau jusqu'à la nageoire anale.

La différence significative observée pour la longueur céphalique entre les deux sexes mérite une attention particulière. Une tête relativement plus développée chez l'un des sexes peut refléter des divergences dans le régime alimentaire ou dans les capacités de capture des

proies, phénomène bien documenté chez d'autres espèces de poissons où la ségrégation trophique intersexuelle est avérée. Chez *A. boyeri*, la différence de longueur céphalique pourrait être associée à une légère divergence dans la taille des proies consommées, les femelles, généralement plus grandes, étant capables d'ingérer des proies de dimensions supérieures. Par ailleurs, la longueur post-orbitaire, significativement différente entre sexes, est un caractère impliqué dans la configuration de l'orbite et potentiellement dans les capacités visuelles, qui peuvent jouer un rôle lors de la parade nuptiale ou dans la détection des proies.

Les différences significatives concernant les distances MD1 (museau – première dorsale) et DAn (museau – nageoire anale) suggèrent une configuration corporelle légèrement distincte entre mâles et femelles, se traduisant par une position relative des nageoires différente. Ces distinctions morphologiques pourraient être interprétées dans un cadre fonctionnel : chez les femelles, une position plus reculée de la première dorsale et de la nageoire anale pourrait accommoder le développement ovarien, notamment en période de pré-ponte, lorsque le volume abdominal augmente considérablement. Ce type de dimorphisme lié à la reproduction a été décrit chez d'autres petits Téléostéens côtiers (**Marfin, 1981**).

Sur le plan de la croissance, le dimorphisme sexuel se manifeste également de façon nette : la longueur asymptotique des femelles ($L_{\infty} = 10,29$ cm) est sensiblement supérieure à celle des mâles ($L_{\infty} = 8,77$ cm), confirmant que les femelles atteignent une taille maximale plus élevée. Ce résultat concorde avec les observations générales faites sur l'espèce en Méditerranée (**Marfin, 1981 ; Leonardos & Sinis, 1999 ; Özeren, 2009**), qui soulignent systématiquement la plus grande taille des femelles, probablement sous l'influence de pressions sélectives liées à la fécondité, laquelle est directement proportionnelle à la taille corporelle chez les espèces à ponte multiple. La relation taille-poids révèle également une différence significative entre sexes (ANCOVA, $F = 103,07$, $P < 0,05$), avec un poids asymptotique des femelles supérieur à celui des mâles, ce qui s'inscrit dans la continuité des observations précédentes.

Il convient de noter que le dimorphisme sexuel détecté dans la présente étude ne concerne qu'une partie des caractères métriques analysés, ce qui indique que mâles et femelles d'*A. boyeri* de la lagune El Mellah partagent une morphologie générale très proche, rendant leur identification sexuelle difficile sur la seule base des caractères externes. Cette similitude morphologique globale est cohérente avec les descriptions faites par d'autres auteurs pour l'espèce (**Marfin, 1981 ; Rochette et al., 2010**), qui rappellent que la distinction des sexes requiert généralement un examen macroscopique des gonades. En revanche, les différences

significatives identifiées pour des caractères précis (Lc, MD1, MD2) et les distances aux nageoires offrent des marqueurs morphométriques potentiellement exploitables dans des analyses discriminantes visant à la séparation non destructive des sexes.

En conclusion, les résultats obtenus pour les caractères numériques, métriques et le dimorphisme sexuel d'*A. boyeri* de la lagune El Mellah s'inscrivent dans la variabilité connue de l'espèce à l'échelle méditerranéenne, tout en présentant des particularités propres à ce milieu lagunaire algérien. Le gradient latitudinal des caractères méristiques, la prédominance des allométries majorantes pour les dimensions fonctionnelles et l'existence d'un dimorphisme sexuel partiel mais significatif constituent des éléments essentiels pour la compréhension de la biologie et de la dynamique de cette population, et fournissent une base morphométrique solide pour les stratégies de gestion durable de cette ressource.

Dans la lagune Mellah (présente étude), on distingue quatre groupes d'âge pour *A. boyeri* (0⁺ à 3⁺), une structure similaire à celle-ci est observée dans les lagunes de Mesolongi et Etolikon (Leonardos et Sinis, 2000) ainsi que dans la lagune d'Oldbury-upon-Severn (Palmer et Culley, 1983). Les athérines du lac Trichonis (Leonardos, 2001), du lac Trasimène (Lorenzoni et al., 2015) et certaines populations britanniques (Henderson et Bamber, 1987) vivent plus longtemps avec cinq groupes d'âge (0⁺ à 4⁺) recensés, tandis que les spécimens habitants la lagune d'Aberthaw (Creech, 1992) et le bassin d'Arcachon (Kiener et Spillmann, 1969 ; Castel et al., 1977) ne subsiste que deux ans (0⁺ à 2⁺). Ces variations pourraient s'expliquer par des modes d'exploitation différents ou des conditions écologiques locales, comme la température et la salinité (**Kara et al., 1996**).

Un unique anneau d'arrêt de croissance se forme annuellement sur les écailles et otolithes d'*A. boyeri*, généralement en avril, visible en mai. Ce schéma rejoint les observations dans la lagune d'Aberthaw (Creech, 1992) et le lac Trasimène (Lorenzoni et al., 2015). Dans les lagunes de Mesolongi et Etolikon, cet anneau se forme entre février et mars, et est systématique dès avril (Leonardos et Sinis, 2000). Les mécanismes physiologiques sous-jacents restent peu élucidés, mais impliquent vraisemblablement la température, la disponibilité alimentaire et la reproduction (Weatherley et Gill, 1987). Ici, sa formation semble étroitement liée à la maturation gonadique survenant en mars-avril.

CONCLUSION

L'étude menée sur *Atherina boyeri* dans la lagune El Mellah a permis de mieux caractériser les paramètres morphométriques, méristiques, la croissance ainsi que la structure de population de cette espèce dans un écosystème lagunaire algérien. Elle contribue à combler le manque de données locales concernant les espèces euryhalines, pourtant essentielles au fonctionnement écologique et à la productivité des zones humides côtières.

L'analyse des caractères numériques a révélé une variabilité modérée, avec des valeurs globalement conformes à celles rapportées dans la littérature. Toutefois, certaines différences observées pourraient être liées aux conditions environnementales spécifiques de la lagune, notamment les variations de température et de salinité, connues pour influencer les caractères méristiques chez les poissons. Ces résultats confirment la forte plasticité phénotypique de l'espèce. Sur le plan morphométrique, les corrélations élevées entre les différents paramètres et la longueur totale ou céphalique témoignent d'une organisation morphologique cohérente de la population étudiée. L'analyse allométrique met en évidence une prédominance des croissances allométriques majorantes, traduisant un développement différentiel de certaines parties du corps en lien avec les fonctions biologiques telles que l'alimentation et la reproduction. À l'inverse, certaines structures présentent une allométrie minorante ou une croissance isométrique, assurant le maintien de la forme générale du poisson. L'étude du dimorphisme sexuel a permis de mettre en évidence des différences significatives entre mâles et femelles pour certains caractères morphométriques, notamment au niveau de la tête et de la position des nageoires. Les femelles présentent également une taille asymptotique plus élevée, ce qui suggère une stratégie biologique orientée vers une fécondité accrue. Ces différences, bien que limitées, sont importantes à considérer dans les analyses de dynamique des populations.

L'analyse de l'âge et de la croissance, basée sur la scalimétrie, a permis d'identifier quatre classes d'âge, confirmant un cycle de vie relativement court. La croissance est rapide durant la première année, puis ralentit progressivement, un schéma classique chez les espèces opportunistes. La relation taille-poids indique une allométrie majorante, traduisant un bon état physiologique des individus et des conditions environnementales globalement favorables.

Dans l'ensemble, les résultats mettent en évidence la grande capacité d'adaptation de *A. boyeri* aux conditions fluctuantes des milieux lagunaires. Cette espèce joue un rôle écologique important et constitue une ressource halieutique non négligeable. Cependant, elle reste

exposée aux pressions anthropiques croissantes, ce qui souligne la nécessité d'un suivi régulier et d'une gestion durable.

En perspective, des études complémentaires intégrant des approches génétiques et écologiques permettraient d'approfondir la compréhension de la structuration des populations et de leur réponse aux changements environnementaux. Ce travail constitue ainsi une base scientifique utile pour la conservation et la gestion des écosystèmes lagunaires en Algérie.

Références Bibliographiques

Alheit J., Hagen E., 1997, Long-term climate forcing of European herring and sardine populations, *Fisheries Oceanography*, 6: 130-139,

Azzella, M, M., et al, (2022), Biodiversity impacts by multiple anthropogenic stressors in Mediterranean coastal wetlands, *Science of The Total Environment*, 806, 150560,

Baker, E, A., et al, (2015), Ecological Risk Screening Summary – *Atherina boyeri* (big-scale sand smelt), U.S. Fish and Wildlife Service, (Introductions dans des lacs et réservoirs pour renforcer les stocks)

Ballesteros, E, (2006), Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge, *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123–195,

Bartulović, V., Glamuzina, B., Conides, A., Dulčić, J., Lucić, D., Njire, J., & Kozul, V, (2004), Food of sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces, Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva River (eastern Adriatic, Croatian coast), *Scientia Marina*, 68(4), 597–603,

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

Boudouresque, C,F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Tunesi, L., 2006, Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*., *Ramoge Publication*,

Boudouresque, C,F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A., Verlaque, M., 2009, Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress : a critical review, *Botanica Marina* 52, 395–418,

Boudouresque, C, F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A., & Verlaque, M, (2012), Marine biodiversity in the Mediterranean: Part I, Marine vegetation, In C,F, Boudouresque et al, (eds.), *Marine biodiversity*, EPU,

Bruslé, J., & Quignard, J,-P, (2001), Biologie des poissons d’eau douce européens, Paris: TEC & DOC / Lavoisier.

Cailli, F., et al, (2001), Age and growth of European eel *Anguilla anguilla* in the Gironde estuary, *Journal of Fish Biology*, 58(5), 1367–1380.

Cabo, F. L. (1979). Ictiología del Mar Menor (Murcia). Universidad de Murcia.

Caddy, J. F. (1999). Effects of riverine inputs on coastal ecosystems. *FAO Fisheries Technical Paper*, 349.

Cadrin, S. X., Kerr, L. A., & Mariani, S. (2014). Stock identification methods: Applications in fishery science. Academic Press.

Campana, S. E. (1999). Chemistry and composition of fish otoliths. *Marine Ecology Progress Series*, 188, 263–297.

Campana, S. E. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods, *Journal of Fish Biology*, 59(2), 197–242, [DOI: 10.1111/j.1095-8649.2001.tb02345.x]

Casselman, J. M. (1987). Chemical and protein analysis of fish hard tissues as a potential tool for identification, *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 89, 114–123,

Chaoui, L., Kara, M. H., Faure, E., & Quignard, J.-P. (2006). L'ichtyofaune de la lagune du Mellah (Algérie Nord-Est) : diversité, production et analyse des captures commerciales, *Cybiu*, 30(2), 123–132,

Coll M., Piroddi C., Steenbeek J., Kaschner K., Ben Rais Lasram F., Aguzzi J., Ballesteros E., Nike Bianchi C., Corbera J., Dailianis T., Danovaro R., Estrada M., Froglià C., Galil B.S., Gasol J.M., Gertwagen R., Gil J., Guilhaumon F., Kesner-Reyes K., Kitsos M.S., Koukouras A., Lampadariou N., Laxamana E., López-Fé de la Cuadra C.M., Lotze H.K., Martin D., Mouillot D., Oro D., Raicevich S., Rius-Barile J., Saiz-Salinas J.I., San Vicente C., Somot S., Templado J., Turon X., Vafidis D., Villanueva R., Voultsiadou E., 2010, The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats, *PLoS ONE*, 5: e11842,

CIESM (2012). The Mediterranean pelagic habitat : Oceanographic and biological processes, an overview, *CIESM Workshop Monographs*, 40, 1–96,

Doğan, K. (2009, 2017 données reprises in), in: Özdemir et al. (2019), A case study of coastal beach seine for big-scale sand smelt (*Atherina boyeri*) in Lake İznik, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19, 899–908, (Production passant de 60 t/an à 1350 t/an, espèce commerciale majeure),

Eklöf, J., et al, (2012). Genetic differentiation in *Atherina boyeri* populations, *Marine Biology*, 159(4), 789-800, (Populations semi-isolées ; mise à jour de Eklossa-Kilia et al., 2002).

Eklossa-Kilia E., Prassa M., Papasotiropoulos V., Alahiotis S., Kiliass G., 2002. Mitochondrial DNA diversity in *Atherina boyeri* populations as determined by RFLP analysis of three mtDNA segments, *Heredity*, 89: 363-370,

El-Sayed, A,F,M. (2004), The biology of Boyer's sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, in the Bardawil Lagoon on the Mediterranean coast of Sinai, Egypt, *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 25(3), 483-501,,

FAO (2011). Mediterranean coastal lagoons: sustainable management and interactions among aquaculture, capture fisheries and the environment, *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, No, 563,

Francour, P., & Mouine, A, (2008). Poissons de Méditerranée, Delachaux et Niestlé, (Descriptions trophiques et prédateurs en Méditerranée,),

Freyhof, J., & Kottelat, M, (2008), *Atherina boyeri*, In: IUCN Red List of Threatened Species,

Hilborn, R., & Walters, C, J, (1992), Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty, *Chapman and Hall*, New York,

Ihssen, P, E., Booke, H, E., Casselman, J, M., McGlade, J, M., Payne, N, R., & Utter, F, M, (1981), Stock identification: Materials and methods, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(12), 1838–1855.

Guevara J., Sautier-Casaseca G., 1977, Datos sobre las condiciones ambientales y fauna ictiológica del Mar Menor, *CRIS*, 155: 18-20.

Kara, M. H., Quignard, J.-P., & Trabelsi, M. (1996). Morphological variability of *Atherina boyeri* populations in Mediterranean lagoons. *Cybium*, 20(4), 391–404.

Kartas, F., & Trabelsi, M. (1990). Étude biométrique et biologique de l'athérine *Atherina boyeri* des côtes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô*, 17, 19–32.

- Kerr, L, A., Hintzen, N, T., Cadrin, S, X., Dickey-Collas, M., Girardin, R., Hatfield, E, M, C., et al, (2017),** Lessons learned from practical approaches to reconcile mismatches between biological population structure and stock units of marine fish, *ICES Journal of Marine Science*, 74(6), 1708–1722.
- Keith, P., & Vigneux, E, (2002),** Guide des poissons de mer de Nouvelle-Calédonie, Patrimoines Naturels, 52, (Pour morphologie et habitats euryhalins,)
- Keith, P, (2008),** Atherinidae, In *The Freshwater Fishes of Europe* (Vol, 9, pp, 45-52), Aula-Verlag, (Anatomie digestive et branchies,).
- Kiener A., Spillmann C,J., 1969,** Contribution à l'étude systématique et écologique des athérines des côtes françaises, *Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle –Série A: Zoologie*, 60: 33-74.
- Koutrakis E,T., 2000,** Fishery management in the lagoons of North Greece, Problems and proposals, Proc, 9th Panhellenic Congress of Ichthyologists, *Mesolongi*, 133-136.
- Kovačić, M., & Patzner, R,A, (2011),** North-East Atlantic and Mediterranean Atheriniformes, In *Fishes of the Sea*, (Détails sur nageoires et écailles).
- Kovačić, M., & Dulčić, J, (2015),** *Fishes of Croatia*, Springer, (Populations et morphologie,).
- Kraïem M,M., Ramdani M., Fathi A,A., Abdelzaher H,M,A., Flowe R., 2003.** Analyse de la biodiversité et de la production ichtyques dans trois lacs nord Africains: Merja Zerga (Maroc), Garâat Ichkeul (Tunisie) et lac Edku (Egypte), *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer-Salammbô*, 30: 5-13.
- Lazzari Pedro, 2021.** Pelagic primary production in the coastal Mediterranean Sea: Patterns, drivers and contribution to basin-scale carbon budgets, *Biogeosciences Discussions*.
- Leonardos, I., & Sinis, A, (1999),** Age and growth of the sand smelt, *Atherina boyeri*, in the Mesolongi and Etolikon Lagoons (Greece), *Journal of Applied Ichthyology*, 15, 33–37.
- Louisy P., 2002,** Guide d'identification des poissons marins, europe et méditerranée, *Les Editions Eugen Ulmer*, 430 pp.
- Maci, S., & Basset, A, (2010),** Composition, structure and spatial distribution of the fish assemblages in Italian coastal lagoons, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87, 43–52.

- Marfin J,P,, 1981**, Biologie de l'athérine *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Poisson - Téléostéen) dans trois milieux saumâtres du Roussillon (Leucate, Canet, Bourdigou), *Thèse 3^{ème} Cycle*, Université de Perpignan, 236 pp,
- Mechiane, F,, & Saci, N, E, (2022)**, Contribution à l'étude de la qualité de l'eau des lacs Oubeïra, Mellah et Mekhada (Nord-Est Algérien), Mémoire de master, Université d'El Tarf,
- Meunier F,J,, Pascal M, & Loubens G, 1979**, Comparaison de méthodes squelettechronologiques et considérations fonctionnelles sur le tissu acellulaire d'un osteichthyen du lagon néo-calédonien (Forskal, 1775), *Aquaculture*, 17: 137-157,
- Morato T, 2005**. Research priorities for seamounts fisheries: Sclérochronology applications, *Marine Policy*, 29(5), 407–418,
- Nelson, J, S,, Grande, T, C,, & Wilson, M, V, H, (2016)**, Fishes of the World (5th ed.), Wiley,
- Özeren S,C,, 2009**, Age, growth and reproductive biology of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso 1810 (Pisces: Atherinidae) in Lake Iznik, Turkey, *Journal of Fisheries International*, 4: 34-39.
- Palmer, C. J., & Culley, M. B. (1979)**. A comparison of sand smelt (*Atherina boyeri*) populations from different habitats. *Journal of Fish Biology*, 14, 321–335.
- Panfili J, 2002**. Manuel de sclérochronologie des poissons, CIRAD-EMVT.
- Prager, M. H., Saila, S. B., & Recksiek, C. W. (1987)**. Fishparm: A microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. Second International Conference on Fish Stock Assessment, *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Quignard, J.-P. (1966)**. Recherches sur les Atherinidae des côtes françaises. *Vie et Milieu*, 17(2), 793–840.
- Quignard, J,P,, & Pras, A, (1986)**, Atherinidae, In Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (Vol, 3, pp, 1207-1213), UNESCO,

Quignard J,P,, Pras A,, 1986, Atherinidae, In: Whitehead P,J,P,, Bauchot M,L,, Hureau J,C,, Nielsen J,, Tortonese E,, (eds,), *Fishes of the North-eastern Atlantic and Mediterranean*, UNESCO, Paris, 1207-1210.

Richter, H., Lückstädt, C., Focken, U., & Becker, K. (2000). An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. *Archive of Fishery and Marine Research*, 48(3), 255–264.

Rochette, S., et al, (2010), Population structure of sand smelts in French lagoons, *Fisheries Research*, 102(1-2), 45-52, (Maturité et gonades,),

Stephenson, R, L, (2002), Stock structure and the allocation of fisheries management responsibilities, *Fisheries Research*, 57(1), 1–8,

Trabelsi, M., et al, (1989), Étude de quelques caractères morphométriques de l'atherine *Atherina boyeri* Risso, 1810 des côtes tunisiennes, *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer*, 7(3) : 94-111,

UNEP/MAP & Plan Bleu (2020), State of the Environment and Development in the Mediterranean, Nairobi, United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan & Plan Bleu Regional Activity Centre,

Zitari-Chatti R,, Chatti N,, Fulgione D,, Aprea G,, Elouaer A,, Said K,, Capriglione T,, 2009, Mitochondrial DNA variation in the caramote prawn *Penaeus (Melicertus) kerathurus* across a transition zone in the Mediterranean Sea, *Genetica*, 136: 439-447,