



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 TARG UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم علوم البحار
Department of Marine Sciences



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

« **Aquaculture Durable** »

Thème

**Différenciation morpho-somatique et étude de la
reproduction d'*Atherinaboyer* de la lagune El Mellah**

Présenté Par: **TOUATIGHofrane & TOUMISafa**

Soutenu(e) publiquement le: 15/06/2026 devant

le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
LADJAMA Imene	MCA	Université Chadli Bendjedid - El-Tarf	Présidente
ZAIDIRaouf	MCA	Université Chadli Bendjedid - El-Tarf	Directeur de mémoire
BENNOUR Afef	MCB	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

SAFA & GHOFRANE

Nous tenons tout d'abord à exprimer nos profondes gratitude à **Nos parents** pour leur amour, leur soutien indéfectible et leur sacrifice tout au long de mon parcours.

Nous remercions également **nos frères et sœurs** pour leurs encouragements constants et leur présence à mes côtés.

Nos sincères remerciements vont aussi à **nos amis** pour leur soutien moral, leur aide et les moments de motivation partagés.

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

Listedestableaux

Tableau	Titre	Page
01	Zonesdepêcheetusageéconomiqued’ <i>Atherinaboyerien</i> Algérie(FAO-GFCM, 2022).	10
02	Donnéesstatistiquesdescaractèresnumériquesd’ <i>Atherinaboyeridanslestroissitesd’étude</i> .	26
03	Relationsbiométriqueschez <i>Atherinaboyeridestroissitesd’étude</i> .	27

Listedesfigures

Figure	Titre	Page
01	Senneutilisé dans l'échantillonnage d' <i>A.boyeri</i> .	13
02	Caractères numériques dénombrés sur <i>A.boyeri</i> lors de cette étude.	15
03	Caractères métriques mesurés lors de cette étude.	15

Sommaire

	Pages
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. Biologie et habitat	07
2.4. Répartition et écologie	08
2.5. Régime alimentaire	08
3. Situation de la pêche de <i>Atherina boyeri</i> en Algérie	09
CHAPITRE II: DIFFERENCIATION MORPHO-SOMATIQUE	11
1. Introduction	12
2. Échantillonnages	13
3. Morphométrie	13
3.1. Critères numériques	13
3.2. Caractères métriques	14
3.3. Dimorphisme sexuel	17
3.4. Analyses statistiques	18
CHAPITRE III: REPRODUCTION des atherines de la lagune de Mellah	20
1. INTRODUCTION	21
2. Matériel et méthodes	22
3. Rapport gonado-somatique	22
4. Rapport hépato-somatique	22
5. Adiposité	23
6. Taille à la première maturité sexuelle	23
VI. Résultats	24
1. Caractères numériques	25
2. Caractères métriques	25
3. Dimorphisme sexuel	27
4. Sex-ratio	27

5.Rapport gonado-somatique	28
6.Rapport hépato-somatique	28
7.Adiposité	28
8.Taille à la première maturité sexuelle	28
V.DISCUSSION	29
CONCLUSION	35

Résumé: *Atherina boyeri*, un petit poisson euryhalin des milieux lagunaires et côtiers, dans trois sites du nord-est algérien, afin de comparer sa morphologie et d'analyser sa reproduction au printemps. L'objectif principal est de mettre en évidence les différences morpho-somatiques entre trois populations provenant d'Oued Ziam, de la plage La Messida et de la lagune El Mellah, puis d'examiner les paramètres reproducteurs de la population d'El Mellah. L'étude a porté sur des mesures numériques et métriques de plusieurs individus, ainsi que sur des indices biologiques comme le rapport gonado-somatique, le rapport hépato-somatique, l'adiposité et la taille à la première maturité sexuelle. Les résultats montrent que les populations présentent une grande proximité morphologique, avec des différences faibles et statistiquement non significatives entre les sites. Sur le plan reproducteur, la saison printanière correspond à une période d'activité intense, avec un pic de développement des gonades en avril, des valeurs plus élevées chez les femelles que chez les mâles, et une première maturité sexuelle autour de 4 cm. En conclusion, ce mémoire montre que *Atherina boyeri* possède une forte plasticité écologique et une bonne capacité d'adaptation aux variations des milieux lagunaires et côtiers, ce qui explique sa présence dans plusieurs habitats algériens.

Mots clés : *A. boyeri*, El Mellah, Differenciation morpho-somatique, reproduction.

Abstract : *Atherina boyeri*, a small euryhaline fish found in lagoon and coastal environments, was studied at three sites in northeastern Algeria to compare its morphology and analyze its spring reproduction. The main objective was to highlight the morpho-somatic differences between three populations from Oued Ziam, La Messida beach, and the El Mellah lagoon, and then to examine the reproductive parameters of the El Mellah population. The study included numerical and metric measurements of several individuals, as well as biological indices such as the gonado-somatic ratio, the hepato-somatic ratio, adiposity, and size at first sexual maturity. The results show that the populations exhibit a high degree of morphological similarity, with small and statistically insignificant differences between the sites. From a reproductive standpoint, the spring season corresponds to a period of intense activity, with peak gonadal development in April, higher values in females than in males, and initial sexual maturity at around 4 cm. In conclusion, this thesis demonstrates that *Atherina boyeri* possesses strong ecological plasticity and a good capacity to adapt to variations in lagoon and coastal environments, which explains its presence in several Algerian habitats.

Keywords: *A. boyeri*, El Mellah, Morpho-somatic differentiation, reproduction.

الملخص

أُجريت دراسة على سمكة أثيرينا بويري، وهي سمكة صغيرة قادرة على التكيف مع نطاق واسع من الملوحة، وتوجد في البيئات الساحلية والبحيرات، في ثلاثة مواقع بشمال شرق الجزائر، وذلك لمقارنة شكلها وتحليل تكاثرها الربيعي. كان الهدف الرئيسي هو

إبراز الاختلافات الشكلية الجسدية بين ثلاث مجموعات من وادي زياما، وشاطئ المسيدة، وبحيرة الملاح، ثم دراسة معايير التكاثر لمجموعة الملاح. شملت الدراسة قياسات عددية ومترية لعدة أفراد، بالإضافة إلى مؤشرات بيولوجية مثل نسبة الغدد التناسلية إلى الجسم، ونسبة الكبد إلى الجسم، ونسبة الدهون، وحجم النضج الجنسي الأول. تُظهر النتائج أن المجموعات تُظهر درجة عالية من التشابه الشكلي، مع اختلافات طفيفة وغير ذات دلالة إحصائية بين المواقع. من وجهة نظر التكاثر، يتوافق فصل الربيع مع فترة نشاط مكثف، حيث يبلغ نمو الغدد التناسلية ذروته في أبريل، وتكون القيم أعلى لدى الإناث مقارنة بالذكور، ويبلغ النضج الجنسي الأولي يتمتع بمرونة بيئية عالية وقدرة جيدة على التكيف مع *Atherina boyeri* حوالي 4 سم. في الختام، تُظهر هذه الأطروحة أن نوع التغيرات في بيئات البحيرات الساحلية، مما يفسر وجوده في العديد من الموانئ الجزائرية.

الكلمات المفتاحية:

، الملاح، التمايز المورفوسوماتي، التكاثر.: *A. boyeri*

Introduction

Générale

La mer Méditerranée est reconnue comme l'un des bassins marins les plus riches en biodiversité, mais également comme l'un des plus vulnérables face aux pressions anthropiques. Au cours des cinquante dernières années, les écosystèmes côtiers méditerranéens ont été affectés par l'urbanisation, l'intensification des activités humaines et les changements climatiques, ce qui a suscité un intérêt scientifique croissant pour leur étude et leur gestion durable (FAO, 2005). Les lagunes et estuaires de la mer Méditerranée constituent des zones de transition écologiques essentielles, caractérisées par des variations saisonnières de salinité et de température, ainsi que par des fluctuations de la productivité primaire. Ces conditions influencent directement la structure, la répartition et l'abondance des populations de poissons (Quignard & Tomasini, 2000). Les recherches menées dans le sud-ouest de la mer Méditerranée entre 1980 et 2020 ont montré que les facteurs climatiques et environnementaux ont un impact majeur sur les espèces euryhalines.

Selon le rapport du GIEC (IPCC, 2021), l'augmentation moyenne de la température de surface de la mer Méditerranée, estimée entre 1,1 et 1,3 °C depuis 1982, a provoqué des modifications dans la distribution spatiale et les caractéristiques morpho-somatiques des poissons côtiers. Parallèlement, les variations de salinité observées dans les lagunes méditerranéennes influencent le développement des individus, leur croissance et leur condition physique (Lejeune et al., 2010).

Parmi les espèces typiques de ces milieux côtiers méditerranéens figure *Atherina boyeri* (Risso, 1810), appartenant à la sous-famille des Atherinae. Cette espèce est largement distribuée dans les zones littorales, les lagunes et les eaux saumâtres du sud-ouest de la mer Méditerranée (Rosecchi & Crivelli, 1995). Les études réalisées entre 1990 et 2020 montrent que *Atherina boyeri* possède une plasticité écologique élevée, ce qui lui permet de coloniser des habitats variés soumis à des gradients environnementaux importants, notamment en termes de salinité et de température (Francour et al., 2010).

L'analyse des différences morpho-somatiques représente un outil pertinent pour comprendre l'adaptation des populations aux conditions locales dans la mer Méditerranée. Les variations observées dans la longueur, le poids et les indices conditionnels sont des indicateurs fiables de l'influence des facteurs écologiques tels que la disponibilité alimentaire, la température et la salinité propre à chaque habitat (Bagenal & Tesch, 1978). Ainsi, l'étude comparative de trois populations de *Atherina boyeri* provenant de différents habitats du sud-ouest méditerranéen

permet d'évaluer l'étendue de la plasticité morpho-somatique et la capacité d'adaptation de cette espèce.

Enfin, la mer Méditerranée demeure un milieu fragile où la compréhension des réponses adaptatives des espèces côtières euryhalines est cruciale pour la conservation et la gestion des ressources halieutiques. Dans ce contexte, l'étude des populations de *Atherina boyeri* dans les lagunes et les estuaires méditerranéens contribue à mieux comprendre la dynamique des communautés côtières et à proposer des stratégies de gestion adaptées aux variations environnementales (FAO, 2005 ; FAO-GFCM, 2022).

Le but de cette étude est de déceler les différences morpho-somatiques d'*Atherina boyeri* dans trois habitats différents du sud-ouest de la Méditerranée et d'étudier la reproduction de la population de la lagune El Mellah durant la période printanière.

CHAPITRE I

Généralités

1. Description de la famille des Atherinidés:

La famille Atherinidés regroupe de petits poissons marins et saumâtres, généralement de moins de 15 cm de longueur. Leur corps est allongé et légèrement comprimé latéralement. La tête est courte, souvent aplatie sur le dessus, avec de grands yeux et un museau pointu. La bouche est petite, terminale et inclinée, avec des mâchoires presque égales atteignant ou dépassant légèrement le bord antérieur de l'œil. Les dents sont fines et pointues, présentes sur les mâchoires, le toit de la bouche ou à l'extérieur (Tito de Morais et al., 2001). Les poissons de cette famille possèdent deux nageoires dorsales bien séparées : la première avec plusieurs épines fines et flexibles, située vers le milieu du corps, et la seconde avec une seule petite épine et plusieurs rayons mous. La nageoire anale débute toujours légèrement en avant de la seconde dorsale. Les nageoires pectorales sont placées haut sur les flancs, juste derrière l'opercule, avec une épine réduite et un premier rayon plus épais que les autres. Les nageoires pelviennes abdominales comportent une épine et cinq rayons mous, tandis que la caudale est fourchue. L'anuse est éloigné de l'origine de la nageoire anale (Tito de Morais et al., 2001) et les écailles sont relativement grandes, lisses (cycloïdes), et la ligne latérale est absente. La coloration typique montre un dos verdâtre à bleuâtre parsemé de taches noires, translucide, avec des écailles délimitées par des chromatophores. Les flancs et l'abdomen sont argentés, souvent irisés, avec une bande médiane brillante s'étendant du haut de la nageoire pectorale à la base de la caudale, parfois soulignée de noir. Ces poissons habitent principalement les zones côtières, les lagunes et les estuaires, et sont capables de tolérer des variations importantes de salinité et de température (Tito de Morais et al., 2001).

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

Atherina boyeri est une espèce euryhaline de petite taille largement répandue dans les zones côtières, les lagunes et les estuaires du bassin méditerranéen, notamment dans le sud-ouest méditerranéen (Quignard & Tomasini, 2000). Cette espèce occupe un rôle écologique essentiel comme consommateur intermédiaire et proie pour des poissons prédateurs, des oiseaux marins et d'autres organismes supérieurs (Francour et al., 2010).

Selon Rosecchi & Crivelli (1995), *A. boyeri* possède un corps allongé et comprimé latéralement, deux nageoires dorsales distinctes, et une ligne argentée longitudinale caractéristique. La taille des individus varie généralement entre 8 et 15 cm, bien que certains spécimens puissent atteindre 20 cm dans des conditions environnementales optimales (Rosenberg et al., 1997).

Les populations méditerranéennes de *A. boyeri* présentent une plasticité écologique élevée, leur permettant de tolérer de fortes variations de salinité et de température, ce qui facilite leur établissement dans différents habitats côtiers et lagunaires (FAO-GFCM, 2022). La ligne latérale est particulièrement développée, servant de détecteur pour percevoir les mouvements et les vibrations dans l'eau (Bagenal & Tesch, 1978).

Du point de vue trophique, *A. boyeri* se nourrit principalement de zooplancton et de petits crustacés, bien qu'elle puisse consommer de la matière organique en suspension (FAO, 2005). La reproduction commence généralement après un an de vie, les femelles pondant des œufs flottants favorisant la dispersion des larves à travers les lagunes et les zones côtières (Rosecchi & Crivelli, 1995).

Position systématique:

La position systématique d'*Atherina boyeri* est la suivante:

Règne: Animalia.

Embranchement: Chordata.

Sous-embranchement: Vertebrata.

Classe : Actinopterygii.

Ordre: Atheriniformes.

Famille : Atherinidae.

Genre: Atherina.

Espèce: *Atherina boyeri*.

Synonymie et noms vernaculaires:

L'appellation d'*Atherina boyeri* varie d'une région à une autre dans le bassin méditerranéen et d'un pays à un autre :

France : *Atherine*, *Atherine bleue*

Espagne : *Pejerrey*, *Atherina*

Italie: *Atherina*, *Sardinia difango*

Angleterre: *Big-scales and smelt*, *Mediterranean smelt*

À travers le temps, *Atherina boyeria* a été appelée sous différentes dénominations scientifiques:

Atherina presbyter (Cuvier, 1829)

Atherina microlepis (Valenciennes, 1835)

Atherina pontica (Eichwald, 1831)

Biologie et habitat:

Atherina boyeri est un petit poisson euryhalin, c'est-à-dire capable de s'adapter à une large gamme de salinités, et elle est largement répartie dans les eaux côtières, les lagunes et les estuaires de la mer Méditerranée, avec une densité plus élevée dans le sud-ouest et plus faible dans le nord-est (FAO-GFCM, 2022). La taille des individus adultes varie généralement entre 8 et 15 cm, certains pouvant atteindre 20 cm dans des conditions optimales, tandis que le poids dépend de l'âge, de la taille et de la qualité de l'alimentation (Rosenberg et al., 1997). Ce poisson possède un corps légèrement allongé et comprimé latéralement, une tête courte avec de grands yeux qui facilitent la vision près du fond. La bouche est petite, terminale et inclinée, avec de fines dents acérées sur les mâchoires et parfois sur le toit du palais, ce qui lui permet de capturer de petits zooplanctons et crustacés (Nelson et al., 2016).

Atherina boyeri possède deux nageoires dorsales: la première comporte plusieurs épines fines et flexibles situées au milieu du corps, tandis que la seconde possède une petite épine et plusieurs rayons mous. La nageoire anale commence avant la deuxième dorsale, et les nageoires pectorales sont placées haut sur les flancs, derrière l'opercule, avec une petite épine et un premier rayon plus épais que les autres. Les nageoires pelviennes abdominales comportent une épine et cinq rayons mous. La nageoire caudale est fourchue, et l'anuse est éloigné de l'origine de la nageoire anale. Les écailles sont relativement grandes et lisses, et la ligne latérale est généralement absente. La coloration dorsale varie du vert au bleu avec des taches noires, tandis que les flancs et le ventre sont argentés, parfois avec une bande médiane brillante s'étendant de la base de la nageoire pectorale à celle de la caudale (Nelson et al., 2016). Cette espèce vit principalement dans des eaux peu profondes entre 0,5 et 5 m, certains individus pouvant être observés jusqu'à 10 m de profondeur. Les juvéniles se concentrent dans les zones peu profondes et protégées, offrant sécurité et abondance alimentaire, tandis que les adultes fréquentent les habitats plus profonds et riches en nutriments, tels que les lagunes et les estuaires (Quignard & Tomasini, 2000).

Atherina boyeri se nourrit de petits zooplanctons tels que les rotifères (*Brachionus spp.*), et de crustacés comme les cladocères et copépodes (*Acartia spp.*, *Temora spp.*), ainsi que de petits crustacés benthiques et des larves d'invertébrés. À l'âge adulte, elle consomme également de

petits poissons, ce qui en fait un consommateur intermédiaire important dans les réseaux trophiques côtiers et une proie pour les poissons prédateurs et les oiseaux marins (FAO, 2005; Francour et al., 2010).

Répartition et écologie:

Atherina boyeri est largement répartie dans les eaux côtières, les lagunes et les estuaires de la mer Méditerranée, avec une densité plus élevée dans le sud-ouest que dans le nord-est (FAO-GFCM, 2022).

Espèce euryhaline, elle tolère d'importantes variations de salinité et de température, ce qui lui permet de coloniser des milieux lagunaires instables. Sur le plan écologique, elle occupe une position de consommateur intermédiaire dans les réseaux trophiques côtiers, se nourrissant principalement de zooplancton et de petits crustacés, tout en constituant une proie pour de nombreux poissons et oiseaux marins (Quignard & Tomasini, 2000 ; FAO, 2005 ; Francour et al., 2010).

2.4. Régime alimentaire:

Le régime alimentaire de *Atherina boyeria* a été étudié par plusieurs auteurs, notamment FAO (2005), Francour et al. (2010), et Lejeusne et al. (2010) dans les lagunes et zones côtières méditerranéennes.

Atherina boyeri est une espèce qui préfère évoluer dans les eaux peu profondes pendant la journée et se nourrit dans la colonne d'eau la nuit, ce qui lui permet de capturer différentes proies selon leur disponibilité (FAO, 2005; Francour et al., 2010). Pendant la phase larvaire, son alimentation est composée essentiellement de zooplancton, incluant des rotifères (*Brachionus* spp.) et des copépodes (*Acartia* spp., *Temora* spp.).

Lorsque les individus atteignent la phase juvénile, ils consomment des crustacés benthiques tels que les mysidacés (*Mysidopsis* spp.) et les larves d'invertébrés, ainsi que de petits organismes benthiques. Avec leur croissance, leur régime alimentaire devient plus diversifié, incluant parfois de petits poissons, tout en maintenant le zooplancton et les crustacés comme éléments principaux de leur nutrition (Lejeusne et al., 2010; Kara & Quignard, 2018c). Les jeunes *Atherina boyeri* se nourrissent principalement de copépodes et de petits crustacés, tandis que les adultes consomment également des proies de plus grande taille, ce qui fait d'eux un consommateur intermédiaire clé dans les chaînes trophiques côtières et une proie importante pour les poissons prédateurs et les oiseaux marins (FAO, 2005; Francour et al., 2010).

3. Situation de la pêche d'*Atherina boyeri* en Algérie:

La pêche de *Atherina boyeri* en Algérie s'inscrit dans le contexte général de la diversité ichthyologique des eaux côtières et lagunaires du pays. Les études sur l'ichtyofaune algérienne, bien que limitées par l'espace et le temps, indiquent que cette espèce constitue une part importante des communautés côtières euryhalines, notamment dans les lagunes et estuaires du littoral méditerranéen (SEURAT, 1930 ; CAUVET, 1930 ; DIEUZEIDE & CHAMPAGNE, 1950). *Atherina boyeri* est adaptée aux variations de salinité et de température, ce qui lui permet de survivre et de se reproduire dans des zones où d'autres poissons rencontrent des contraintes écologiques importantes.

Selon l'inventaire bibliographique réalisé pour l'Algérie, la faune piscicole côtière et lagunaire comprend un mélange d'espèces natives et introduites, avec une prédominance des familles Cyprinidae, Cichlidae, Mugilidae et Cyprinodontidae (LOUNACI-DAOUDI et al., 2016). Bien qu'*Atherina boyeri* soit une espèce native et largement distribuée, la pression de la pêche artisanale et les modifications des habitats lagunaires par l'urbanisation et les activités humaines influencent sa densité et sa disponibilité pour la capture. Dans certaines lagunes, la récolte d'*Atherina boyeri* se fait traditionnellement à l'aide de filets fixes et de petites pirogues, constituant une source de revenus locale et contribuant à l'économie des pêcheurs côtiers.

Cependant, l'espèce fait face à plusieurs menaces. La dégradation des habitats due à l'eutrophisation, à la pollution et à la construction d'infrastructures côtières peut réduire la superficie des zones de reproduction et d'alimentation. De plus, la concurrence avec des espèces introduites, telles que les Gambusies pour la lutte biologique ou les carpes pour l'aquaculture, peut modifier la dynamique des populations locales et réduire la biomasse exploitable d'*Atherina boyeri* (BOUHADDAD, 1993; BOUHADDAD & ASSELAH, 1998).

Malgré ces pressions, l'espèce semble relativement résiliente grâce à sa plasticité écologique et sa capacité à tolérer des conditions environnementales variées, ce qui explique sa présence continue dans plusieurs lagunes et estuaires du pays.

Malgré ces pressions, l'espèce semble relativement résiliente grâce à sa plasticité écologique et sa capacité à tolérer des conditions environnementales variées ce qui explique sa présence continue dans plusieurs lagunes et estuaires du pays. Le tableau ci-dessous résume les principales zones de pêche, méthodes utilisées et usage économique d'*Atherina boyeri* en Algérie :

Tableau1: Zones de pêche et usage économique d'*Atherinaboyerien* en Algérie (FAO-GFCM, 2022).

Zone de pêche	Usage économique
Lagune El Mellah	Appât pour pêcheurs, consommation locale
Lagune de Rhumel	Appât pour pêcheurs, consommation locale
Estuaire de l'Oued Seybouse	Appât pour pêcheurs
Lagune de Marsa	Appât pour pêcheurs
Bassin côtier d'Annaba	Appât et consommation locale

CHAPÎTRE II

DIFFERENCIATION

MORPHO-SOMATI

1. Introduction :

Dans les écosystèmes marins, la délimitation spatiale des stocks ichthyologiques demeure complexe en raison de la nature ouverte et continue de l'océan, qui ne présente pas de barrières physiques nettes. Cette caractéristique favorise les déplacements parfois étendus des poissons et rend difficile l'identification de frontières biologiques précises entre populations. Les structures de stock sont ainsi souvent influencées par une combinaison de facteurs environnementaux, comportementaux et génétiques, plutôt que par des limites géographiques strictes (Reiss et al., 2009 ; Kerr et Goethel, 2014 ; Bernatchez et al., 2017).

De nombreuses approches, tant directes qu'indirectes, ont été développées pour identifier et discriminer les populations de poissons, chacune présentant des avantages et des limites en fonction de l'espèce étudiée et du contexte écologique. Il est aujourd'hui largement admis qu'une approche intégrée, combinant plusieurs méthodes complémentaires (approche holistique), permet d'améliorer la fiabilité de la délimitation des stocks et de réduire les incohérences entre les résultats issus de différentes techniques (Cadrin, Kerret, Mariani, 2014; Abaunza et al., 2018). Les méthodes d'identification des stocks peuvent être classées en trois grandes catégories : (i) celles fondées sur les traits d'histoire de vie, tels que la croissance, la reproduction, la mortalité et la distribution spatiale ; (ii) celles reposant sur l'analyse de marqueurs biologiques, incluant la morphologie, la forme et la chimie des otolithes, les signatures génétiques ou encore les parasites ; et (iii) celles basées sur les techniques de marquage, telles que le marquage-recapture ou les méthodes de marquage des otolithes, permettant de suivre directement les déplacements et la connectivité des populations (Pita et al., 2016 ; Izzo et Gillanders, 2020).

L'objectif principal de la biométrie est de pouvoir distinguer les différences au sein d'une même population, que ce soit au niveau d'espèces différentes ou au sein d'une même espèce entre souches ou populations, sur la base de caractéristiques morpho-somatiques et de critères numériques, soit au sein d'une même espèce, soit spécifiques. Les espèces invasives non indigènes sont considérées comme l'une des principales menaces mondiales pour la biodiversité des écosystèmes marins et d'eau douce. Elles se distinguent par leur capacité à survivre dans des sites, des habitats et des environnements variés, grâce à leurs caractéristiques particulières en matière de croissance, de reproduction, d'évitement des prédateurs et de résistance aux maladies. Elles présentent également de hauts taux de croissance et de reproduction, et

s'adaptent bien au climat local, à la nature des habitats et aux modes d'utilisation des terres (Richardson et Neave 2009).

2. Echantillonnage : L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'une senne de plage (L: 10 m, h: 1,2 m, vide de maille: 4 mm) (**Fig. 1**), durant le mois d'avril, dans trois sites différents bien distincts: Oued Ziam (Jijel), Plage La Messida (El Kala) et Lagune El Mellah (El Kala). Un total de 755 individus a été échantillonné : 414 individus (lagune el mellah), 231 individus (oued ziam) et 110 individus (plage la messida). Les échantillons ont été transportés ensuite dans une glacière pour qu'ils soient conservés au frais au laboratoire à -4°C.



Figure 1. Senne utilisée dans l'échantillonnage d'*A. boyeri*.

3. Morphométrie

Caractères numériques

Les paramètres numériques ont été observés sous loupe binoculaire 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). Neuf caractères numériques (**Fig. 2**) ont été pris en considération, soit: VE (nombre de vertèbres), SC (nombre d'écaillures latérales), TGt (nombre de branchiospines totales), TGinf (nombre de branchiospines inférieures), TGsup (nombre de branchiospines supérieures), Pe (nombre de rayons de la nageoire pectorale), D1 (nombre de rayons de la 1^{ère} nageoire dorsale), D2 (nombre de rayons de la 2^{ème} nageoire dorsale), AN (nombre de rayons de la nageoire anale).

Afin de détecter 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.

1.2.2. Caractères métriques

Un total de 14 caractères métriques a été utilisé pour décrire la morphologie d'*A. boyeri* (Fig. 3): Lt (longueur totale), Ls (longueur standard), MZ (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 à dixième de millimètre près à l'aide d'un pied à coulisse électronique.

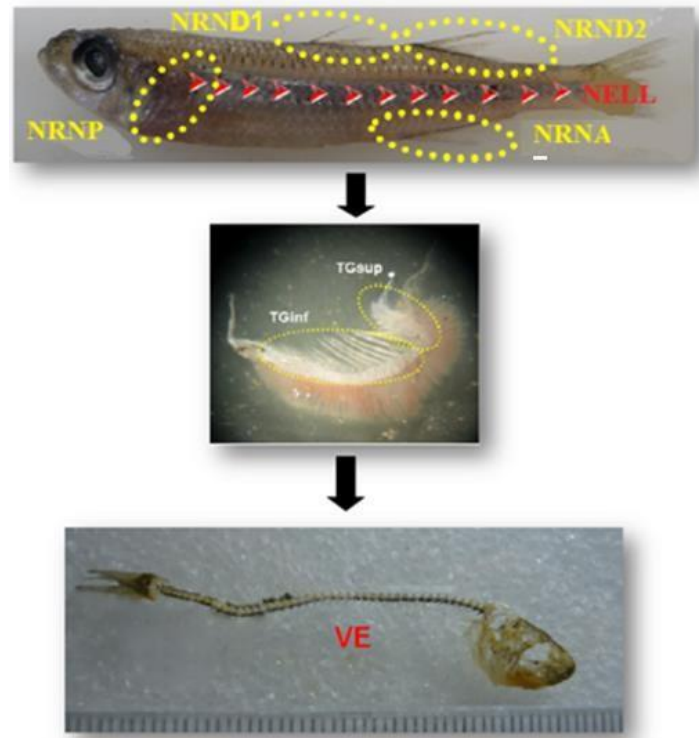


Figure 2. Caractères numériques dénombrés sur *A. boyeri* lors de cette étude.

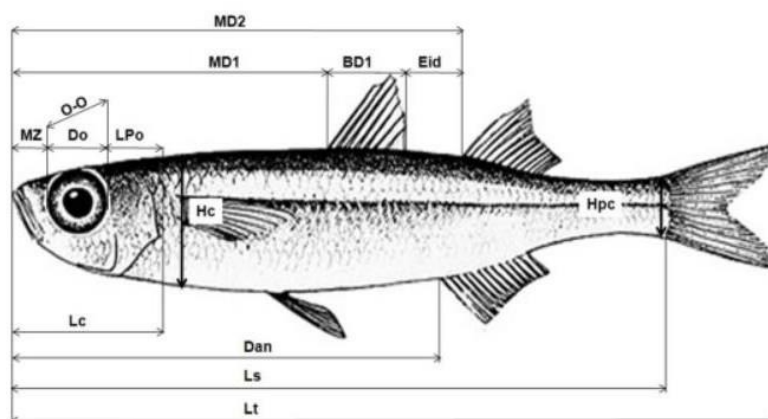


Figure 3. Caractères métriques mesurés lors de cette étude.

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 t_{obs} 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.

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. Étant 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.

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

a: ordonnée à l'origine.

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

X et Y: dimensions mesurées sur un même individu.

La valeur t_{obs} 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 $b > 1$.

3.3. Dimorphisme sexuelle

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:

a_1 et a_2 : 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":

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

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 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 $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$: 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.

3.4. Analyse statistique

Pour une meilleure estimation des divergences entre les échantillons, nous avons procédé à des analyses multidimensionnelles traitant simultanément l'ensemble des caractères et des échantillons analysés. Pour cela, une analyse factorielle discriminante (AFD) a été utilisée afin de discriminer éventuellement les échantillons d'une même espèce ou d'espèces différentes (Dagnelie, 1975; Semple et al., 1991). Afin d'éliminer le biais de la longueur, utilisant Excel,

la matrice de données a été transformée en matrice de résidus. Chaque population a été scindée aléatoirement en deux parties pour vérifier l'effet inter et intra-spécifique. Les barycentres propres à chaque paramètre et population ont été déterminés en utilisant le logiciel Systat 11® et le clustering via le logiciel R®.

CHAPÎTRE III:
REPRODUCTION DES
ATHERINES DELA LAGUNE
EL MELLAH

1. Introduction

La reproduction chez les poissons représente l'un des phénomènes biologiques les plus complexes et les plus variables au sein des écosystèmes aquatiques. Il s'agit d'un processus cyclique généralement annuel, fortement influencé par les fluctuations saisonnières des facteurs environnementaux tels que la température, la photopériode, la salinité et la disponibilité trophique. Ces paramètres interviennent directement dans la maturation des gonades, l'apparition des caractères sexuels secondaires ainsi que dans l'expression des comportements reproducteurs. Plusieurs travaux ont montré que les variations des conditions du milieu jouent un rôle déterminant dans la régulation des cycles sexuels chez les espèces marines et lagunaires (Lowerre-Barbieri et al., 2011 ; Rideout et Tomkiewicz, 2011 ; Domínguez-Petit et Saborido-Rey, 2010).

L'étude des paramètres reproducteurs et des stratégies de reproduction constitue une étape essentielle dans l'évaluation des stocks halieutiques et dans l'élaboration des mesures de gestion durable des ressources piscicoles. Les connaissances relatives à la fécondité, à la période de ponte, à la taille de première maturité sexuelle ou encore au sex-ratio permettent de mieux comprendre la dynamique des populations et leur capacité de renouvellement. Ces informations représentent ainsi des outils fondamentaux pour la conservation et l'exploitation rationnelle des espèces exploitées (Morgan, 2008 ; Lowerre-Barbieri et al., 2017 ; Vitale et Wiegand, 2014 ; Ganas, 2014). La biologie de l'athérine *Atherina boyeri* a fait l'objet de nombreuses investigations dans différentes régions de la Méditerranée et des côtes atlantiques européennes. Des études ont notamment porté sur sa croissance, sa reproduction et sa dynamique de population dans divers environnements lagunaires et côtiers, mettant en évidence une forte plasticité écologique de l'espèce (Koutrakis et Tsikliras, 2009 ; Ferrito et Tigano, 1996 ; Bamber et Henderson, 1988 ; Andreu-Soler et al., 2006).

En Méditerranée orientale, plusieurs travaux ont concerné les populations présentes dans les lagunes grecques et israéliennes, tandis qu'en Méditerranée occidentale, des recherches ont été menées sur les côtes tunisiennes et italiennes afin de caractériser les traits biologiques et reproducteurs de l'espèce (Patimare et Mohammadzadeh, 2011 ; Bartulović et al., 2004 ; Bouriga et al., 2012). En revanche, les données relatives aux populations d'*A. boyeri* des côtes algériennes demeurent encore très limitées, malgré l'importance écologique et halieutique de cette espèce dans les milieux lagunaires et côtiers du pays.

2. Matériel et méthodes

La reproduction des atherines durant la saison printanière a été effectuée sur un effectif de 771 individus, chaque poisson est mesuré au millimètre près. Après dissection, le foie et les gonades sont prélevés et pesés au centième de gramme près, ainsi que le poids éviscéré du poisson.

Pour les juvéniles, la gonade est d'une apparence uniforme ressemblant à un fin cordon blanchâtre accolé à la partie latéro-dorsale droite du rectum (Marfin, 1981). A partir de la maturation, l'aspect de la gonade est fixé et, seul, varie son volume. La paroi de l'ovaire est d'un noir profond, alors que le testicule demeure d'un blanc laiteux en toute saison.

3. Rapport gonado-somatique (RGS)

Le rapport gonado-somatique ou R.G.S. est défini par Bougis (1952) comme étant égal à «cent fois le poids des gonades divisé par le poids du corps éviscéré». Il exprime le poids des gonades en pourcentage du poids du corps. Le RGS est calculé mensuellement pour chaque individu en utilisant l'expression suivante: $RGS = (Pg/Pe) * 100$

où:

Pg: poids des gonades,

Pe: poids éviscéré du poisson.

Ce rapport peut être considéré comme un véritable coefficient de maturation (Lahaye, 1972), dont la représentation graphique traduit correctement les différentes étapes de la maturation des gonades.

4. Rapport hépatosomatique (RHS)

Le foie joue un rôle important dans les processus liés à l'élaboration des produits génitaux. Il a été démontré que chez les femelles de certains poissons, cet organe est responsable de la synthèse de vitellogénine, protéine qui est le principal précurseur du vitellus des oeufs (Nunez, 1985). Le rapport hépatosomatique (RHS) est calculé pour chaque mois. Il est égal à cent fois le poids du foie sur le poids du corps (Bougis, 1952): $RHS = (Pf/Pe) * 100$

où:

Pf: poids du foie,

Pe: poids du corps viscéral.

L'évolution saisonnière de ce rapport permet de quantifier les variations pondérales du foie au cours du cycle reproducteur. Bertin (1958) distingue deux types de poissons selon le mode de stockage et la mobilisation des substances de réserve au niveau de cet organe :

- les "poissons maigres", pour lesquels la maturation des gonades est précédée d'une importante accumulation de lipides dans le foie ; ainsi, les valeurs maximales du RHS précèdent celles du RGS ;

- les "poissons gras", pour lesquels l'accumulation de lipides s'effectue au niveau des muscles, le foie intervenant dans la transformation de ces réserves lipidiques ; dans ce cas le RHS évolue parallèlement au RGS.

2.3. Adiposité

L'adiposité représente la quantité de lipides mobilisée dans le muscle du poisson. Elle est généralement très faible dans les muscles des Athérinidés, mais très variable dans le tissu péri-viscéral. Nous avons suivi et évalué l'adiposité directement à l'œil nu en utilisant l'échelle de Nikolsky (1963), dans cette étude.

Unité 0 : absence de tissu gras.

Unité 1 : présence de quelques cordons gras dans les anses intestinales.

Unité 2 : abondance de cordons gras le long de l'intestin qui reste toutefois visible.

Unité 3 : les cordons deviennent épais et dissimulent ou couvrent complètement l'intestin.

2.4. Taille à la première maturité sexuelle

La taille à la première maturité sexuelle est estimée d'après l'évolution du pourcentage des poissons matures en fonction de leurs longueurs totales, en période de reproduction. Ils s'agit de la taille à laquelle 50 % des individus présentent des signes d'activité sexuelle (gonades bien développées). Ces états sont définis macroscopiquement selon que la gonade fonctionne comme un testicule ou comme un ovaire. Les testicules contenant du sperme et les ovaires granuleux contenant des ovocytes indiquent le sexe et le stade de maturité sexuelle du poisson.

CHAPITRE VI

RESULTATS

1. Caractères numériques

Le tableau 2 présente les statistiques descriptives des principaux caractères numériques observés chez les populations d'*Atherinaboyer* provenant de trois sites d'étude: Oued Ziama (Jijel), la plage La Messida (El Kala) et la lagune El Mellah (El Kala).

L'analyse des rayons de la première nageoire dorsale montre des valeurs comprises entre 6 et 10 rayons pour l'ensemble des populations étudiées, avec un mode généralement égal à 7. Le nombre de rayons de la seconde nageoire dorsale varie entre 9 et 14 rayons, alors que celui de la nageoire anale oscille entre 10 et 16 rayons selon les sites.

Le nombre de branchiospines inférieures varie de 15 à 22, tandis que les branchiospines supérieures présentent des valeurs relativement stables comprises entre 6 et 8. Le nombre d'écaillles de la ligne latérale varie entre 38 et 46 écaillles, avec des moyennes proches dans les trois stations étudiées. Le nombre de vertèbres est compris entre 37 et 42 vertèbres chez l'ensemble des individus examinés.

Globalement, les populations des trois sites présentent des caractéristiques méristiques très proches. Les différences observées entre Oued Ziama, La Messida et la lagune El Mellah restent faibles et statistiquement non significatives ($P > 0,05$), traduisant une homogénéité morphologique des populations étudiées.

2. Caractères métriques

La morphologie externe des individus d'*Atherinaboyer* provenant de trois stations étudiées a été décrite à l'aide de plusieurs paramètres biométriques. Les longueurs totales observées varient entre 1,8 cm et 8,9 cm selon les sites d'échantillonnage.

Les équations de régression établies entre les différents caractères métriques et la longueur totale ou céphalique montrent des corrélations élevées pour l'ensemble des populations étudiées ($0,82 \leq r \leq 0,99$; $P < 0,005$). Les caractères morphométriques présentent globalement des tendances similaires dans les trois stations (Tab 3).

Les cas d'allométrie majorante concernent principalement les longueurs standard, céphalique ainsi que les distances pré-dorsales et pré-anales. À l'inverse, certaines variables telles que le diamètre orbital ou la longueur post-orbitaire montrent une allométrie minorante. Quelques

caractères présentent une croissance isométrique, notamment la hauteur céphalique et la hauteur du pédoncule caudal.

Malgré de légères variations observées entre les populations d'Oued Ziam, de La Messida et d'ElMellah, les différences biométriques enregistrées demeurent faibles et statistiquement non significatives ($P > 0,05$).

Tableau 2. Données statistiques des caractères numériques d'*Atherinaboyer* dans les trois sites d'étude.

Caractère	Site	Moy	ET	Mode	Min	Max
NRD1	Oued Ziam	7,08	0,62	7	6	10
	La Messida	7,15	0,66	7	6	10
	ElMellah	7,12	0,65	7	6	10
NRD2	Oued Ziam	11,55	0,59	12	9	14
	La Messida	11,68	0,63	12	9	14
	ElMellah	11,61	0,61	12	9	14
NRNP	Oued Ziam	13,11	1,12	14	11	16
	La Messida	13,28	1,18	14	11	16
	ElMellah	13,22	1,15	14	11	16
NRNA	Oued Ziam	14,02	1,71	14	10	16
	La Messida	14,21	1,76	14	10	16
	ElMellah	14,15	1,77	14	10	16
NELL	Oued Ziam	39,8	1,48	40	38	45
	La Messida	40,1	1,53	40	38	46
	ElMellah	40,0	1,55	40	38	46
TGinf	Oued Ziam	16,91	1,81	17	15	22
	La Messida	17,10	1,86	17	15	22
	ElMellah	17,03	1,88	17	15	22
TGsup	Oued Ziam	6,90	0,74	7	6	8
	La Messida	7,02	0,81	7	6	8
	ElMellah	6,96	0,79	7	6	8
VE	Oued Ziam	39,96	1,29	40	37	42
	La Messida	40,22	1,35	40	37	42
	ElMellah	40,15	1,32	40	37	42

Tableau3. Relations biométriques chez *Atherina boyeri* des trois sites d'étude.

Fonction	Oued Ziama	La Messida	El Mellah	r
Ls=f(Lt)	Ls= 1,005Lt- 0,701	Ls= 1,018Lt- 0,709	Ls= 1,013Lt- 0,715	0,98
Lc=f(Lt)	Lc= 0,832Lt- 0,210	Lc=0,851Lt- 0,225	Lc= 0,846Lt- 0,220	0,97
MD1= f(Lt)	MD1 = 0,951Lt- 0,331	MD1 = 0,972Lt- 0,345	MD1 = 0,964Lt- 0,342	0,97
MD2= f(Lt)	MD2 = 1,061Lt- 0,501	MD2 = 1,081Lt- 0,520	MD2 = 1,072Lt- 0,515	0,98
Dan=f(Lt)	Dan= 1,010Lt-0,548	Dan=1,028Lt-0,566	Dan= 1,021Lt-0,560	0,99
Eid=f(Lc)	Eid=1,085Lc-0,110	Eid=1,097Lc-0,119	Eid=1,093Lc -0,115	0,93
Hc =f(Lt)	Hc= 1,102Lt- 1,001	Hc= 1,121Lt- 1,023	Hc= 1,113Lt- 1,015	0,97
Hpc=f(Lt)	Hpc= 0,995Lt- 0,070	Hpc= 1,008Lt- 0,079	Hpc= 1,002Lt- 0,075	0,96

3. Dimorphisme sexuel

L'analyse comparative des caractères morphométriques entre mâles et femelles d'*Atherina boyeri* révèle une homogénéité générale des deux sexes dans les trois sites étudiés. Le test de Fisher confirme l'égalité des variances résiduelles entre mâles et femelles.

Quelques différences significatives ($P < 0,05$) ont été observées pour certains paramètres, notamment la longueur céphalique, la distance pré-anale et la longueur post-orbitaire. Toutefois, ces variations restent peu marquées et ne permettent pas de distinguer nettement les sexes sur la base des seuls caractères morphométriques.

Les populations d'Oued Ziama, de La Messida et de la lagune El Mellah présentent ainsi un faible dimorphisme sexuel, avec des tendances morphologiques relativement similaires entre les différents milieux étudiés.

4. Sex-ratio

Sur un total de 771 poissons examinés, 295 (38,26%) sont des mâles, 438 (56,81%) sont des femelles et 38 (4,93%) sont des indéterminés. Le sexratio global M: F est de 1: 1,4; il est significativement différent du rapport 1:1 ($\chi^2=36,11, P<0,05$). L'étude des variations du sex-ratio en fonction des classes de tailles, montre que les mâles sont plus fréquents dans les classes inférieures et moyennes, cependant les femelles dominent les classes de taille supérieures (**Fig. 1 ANNEXES**).

5..Rapport gonado-somatique

L'analyse de variance (ANOVA) des changements mensuels du rapport gonado-somatique durant la période printanière montre des différences significatives entre les femelles et les mâles (Anova: Fmâles = 59,11, Ffemelles = 112,94, $P < 0,05$), les valeurs enregistrées chez les femelles sont supérieures par rapport à celles enregistrées chez les mâles. Le RGS varie légèrement durant les trois mois d'échantillonnage, tout en restant élevé. Les gonades atteignent un taux maximum de développement pondéral en avril (RGS femelles = 10,55%, RGS mâles = 6,11%) (**Fig. 2 ANNEXES**).

6..Rapport hépatosomatique

Les valeurs moyennes mensuelles du rapport hépatosomatique durant la période printanière (fig.55; A.21) montrent de légères fluctuations liées au cycle de reproduction de l'espèce. Les valeurs du RHS sont supérieures chez les femelles, par rapport à celles observées chez les mâles, mais suivent la même tendance. L'analyse de variance des changements mensuels du rapport hépatosomatique, montre des différences significatives entre mâle et femelle (Anova, Fmâles = 11,07, Ffemelles = 471,66, $P < 0,05$). L'évolution du RHS suit le même pattern que celui du RGS. Le maximum est observé durant le premier mois d'échantillonnage (RHS mâle = 0,97%; RHS femelle = 4,15) (**Fig. 3 ANNEXES**).

7..Adiposité

L'adiposité (Ad.) ne varie pas durant les trois mois d'échantillonnage. La valeur élevée est observée en mars (Ad. = 1), alors que les valeurs nulles sont enregistrées en avril et mai pour les deux sexes.

8..Taille à la première maturité sexuelle

L'évolution de la fréquence des individus matures en fonction de la longueur totale nous a permis de situer la taille des Athérines à leur première maturité sexuelle (L_{t50}). La taille à laquelle 50% de la population a atteint sa maturité sexuelle est de 4,11 cm pour les femelles et 4,33 cm pour les mâles. Pour les deux sexes, les individus de moins de 2,88 cm, sont tous immatures.

CHAPITRE V

DISCUSSION

L'analyse des caractères méristiques d'*Atherina boyeri* récoltée dans trois sites algériens — Oued Ziam (Jijel), la plage La Messida et la lagune El Mellah (El Kala), révèle une grande homogénéité inter-populationnelle. Le nombre de rayons de la première nageoire dorsale oscille entre 6 et 10 (mode = 7), celui de la seconde dorsale entre 9 et 14 (mode = 12), et celui de la nageoire anale entre 10 et 16 (mode = 14). Le nombre d'écaillés de la ligne latérale varie de 38 à 46 (moyenne ≈ 40), et le nombre de vertèbres de 37 à 42 (moyenne ≈ 40). Ces valeurs sont statistiquement non significativement différentes entre les trois sites ($P > 0,05$). Ces résultats sont parfaitement cohérents avec les données publiées par Quignard et Pras (1986) pour la Méditerranée occidentale, qui rapportaient pour cette espèce un nombre de rayons à la première dorsale compris entre VI et IX, entre 10 et 14 à la seconde dorsale, et entre 39 et 46 écaillés sur la ligne latérale. La stabilité de ces caractères méristiques chez *A. boyeri* a été interprétée par ces auteurs comme le reflet d'une grande plasticité adaptative de l'espèce à des milieux variés, sans pour autant engendrer de divergence morphologique marquée.

Dans une étude comparative réalisée sur des populations d'*Atherina boyeri* en Grèce, Leonardos et Sinis (2000) ont rapporté des valeurs méristiques très proches : 6 à 9 rayons à la première dorsale, 10 à 13 à la seconde, et un nombre de vertèbres compris entre 38 et 42. Ils ont conclu que les différences mineures entre populations lagunaires et populations marines reflétaient davantage des contraintes ontogéniques que de véritables processus de différenciation génétique. Nos résultats corroborent cette interprétation : les légères variations observées entre Oued Ziam (milieu fluvio-marin), La Messida (plage ouverte) et la lagune El Mellah ne traduisent pas de structuration populationnelle nette. En Turquie, Kara et Gurkan (2006) ont étudié plusieurs populations côtières d'*A. boyeri* et ont obtenu des valeurs similaires pour les principaux caractères de dénombrement, concluant à une faible différenciation morphométrique entre populations séparées par des barrières géographiques limitées. Ils soulignent que le nombre de branchiospines inférieures (15–22 dans leurs travaux, comparable aux 15–22 de notre étude) constitue un caractère relativement stable, peu influencé par les conditions environnementales locales. Cette convergence des résultats, de la Grèce à l'Algérie en passant par la Turquie, plaide pour une unité morphologique de l'espèce à l'échelle méditerranéenne.

Les équations de régression établies entre les différentes mesures morphométriques et la longueur totale ou céphalique présentent des coefficients de corrélation élevés ($0,82 \leq r \leq 0,99$; $P < 0,005$), témoignant d'une croissance bien organisée et cohérente chez *A. boyeri* dans les

trois stations. Les relations biométriques montrent une allométrie majorante pour la longueur standard, les distances pré-dorsales et pré-anales (coefficients de régressions supérieurs à 1,00), et une allométrie minorante pour le diamètre orbital et la longueur post-orbitaire. La hauteur céphalique et la hauteur du pédoncule caudal présentent une croissance quasi-isométrique.

Ces résultats concordent avec ceux de Quignard et Pras (1986), qui soulignent que chez les athérinidés méditerranéens, la longueur standard représente en général de 82 à 85 % de la longueur totale — valeur cohérente avec nos équations où $L_s \approx 1,005-1,018 \times L_t - 0,70$ cm. La forte corrélation observée entre la longueur céphalique et la longueur totale ($r = 0,97$) confirme la stabilité de la croissance céphalique relative, caractéristique taxinomiquement utile chez cette famille. Leonardos et Sinis (2000), dans leur analyse biométrique de populations grecques, ont également mis en évidence une allométrie majorante des distances pré-dorsales et pré-anales, attribuée à un repositionnement relatif des nageoires au cours de la croissance. Ce phénomène, interprété comme un ajustement hydrodynamique favorisant la nage dans des environnements à courantologie variable, est particulièrement marqué dans les milieux lagunaires à faible profondeur — ce qui correspond bien à la situation de la lagune El Mellah dans notre étude.

Kara et Gurkan (2006) avaient également noté, sur les populations turques, que le diamètre orbital diminuait proportionnellement avec la taille des individus (allométrie minorante), résultat identique au nôtre ($Eid = 1,085-1,097 \times L_c - 0,11$ à $0,12$, $r = 0,93$). Cette réduction relative de l'orbite avec la croissance est commune chez de nombreux téléostéens et reflète un développement sensoriel visuel prioritaire chez les jeunes stades, suivi d'une stabilisation chez les adultes. L'absence de différences significatives entre les trois populations algériennes ($P > 0,05$) confirme que les conditions trophiques et physico-chimiques différentes des sites n'ont pas engendré de plasticité morphologique détectable à cette échelle.

L'analyse comparative des caractères morphométriques entre mâles et femelles d'*A. boyeri* dans les trois sites révèle un dimorphisme sexuel faible mais partiellement significatif. Le test de Fisher confirme l'égalité des variances résiduelles, mais des différences significatives ($P < 0,05$) sont néanmoins détectées pour la longueur céphalique, la distance pré-anale et la longueur post-orbitaire. Ces variations, bien que statistiquement significatives, restent d'amplitude limitée et ne permettent pas une identification sexuelle fiable sur la seule base morphométrique.

Ce constat est en accord avec les observations de Leonardos et Sinis (2000), qui ont noté un dimorphisme sexuel discret chez *A. boyeri* en Grèce, se manifestant principalement par une taille corporelle plus grande chez les femelles à l'âge adulte, interprétée comme un avantage sélectif lié à la fécondité. Ces auteurs signalent également que chez cette espèce, le dimorphisme sexuel morphométrique est généralement moins prononcé que chez d'autres clupéiformes méditerranéens, ce qui est corroboré par nos données.

Kara et Gurkan (2006) ont obtenu des résultats comparables sur les populations côtières turques, où seules quelques mesures céphaliques présentaient des différences significatives entre sexes, tandis que la majorité des paramètres de tronc étaient statistiquement identiques. Ils suggèrent que l'absence de dimorphisme marqué reflète une stratégie d'histoire de vie de type r, caractérisée par une maturation précoce et une croissance rapide similaire entre sexes jusqu'à la première reproduction — ce qui s'accorde bien avec la taille à la première maturité observée dans notre étude (4,11 cm chez les femelles et 4,33 cm chez les mâles).

Sur les 771 individus examinés, le sex-ratio global est de 1:1,4 en faveur des femelles (38,26 % de mâles, 56,81 % de femelles, 4,93 % d'indéterminés), différant significativement de l'équilibre théorique 1:1 ($\chi^2 = 36,11$, $P < 0,05$). L'analyse par classes de tailles montre une prédominance des mâles dans les petites et moyennes classes, tandis que les femelles dominent les grandes classes de longueur. Ce déséquilibre en faveur des femelles est une caractéristique fréquemment rapportée chez *A. boyeri* en Méditerranée. Quignard et Pras (1986) mentionnent déjà pour cette espèce une tendance à la prédominance femelle dans les populations naturelles, surtout en période de printemps de reproduction, ce qui coïncide avec la période d'échantillonnage de notre étude. Cette surreprésentation des femelles à la saison de reproduction est interprétée comme le reflet d'une plus grande longévité des femelles, leur permettant d'atteindre les grandes classes de taille, et d'une mortalité différentielle plus élevée chez les mâles après la saison de frai.

Leonardos et Sinis (2000) ont observé un sex-ratio comparable (1:1,3 à 1:1,5 selon les saisons) dans les populations lagunaires grecques, avec une même tendance à la dominance mâle chez les jeunes individus et femelle chez les adultes. Ils expliquent ce patron par une maturité sexuelle légèrement plus précoce chez les mâles (ce qui concorde avec notre résultat : $L_{t50} = 4,33$ cm chez les mâles contre 4,11 cm chez les femelles dans notre étude), qui entraînerait un

recrutement plus rapide des mâles dans les classes de petite taille, tandis que les femelles, bénéficiant d'une survie post-reproductive supérieure, s'accumulent dans les grandes classes.

Le rapport gonado-somatique (RGS) atteint son maximum en avril (RGS femelles = 10,55 % ; RGS mâles = 6,11 %), confirmant une période de ponte printanière. L'ANOVA révèle des différences significatives entre mâles et femelles (F mâles = 59,11 ; F femelles = 112,94 ; $P < 0,05$). L'évolution du rapport hépato-somatique (RHS) suit le même patron, avec un maximum en mars (RHS femelle = 4,15 % ; RHS mâle = 0,97 %), et des valeurs significativement plus élevées chez les femelles tout au long de la saison printanière. Ces résultats confirment les données classiques de Quignard et Pras (1986), qui situent la période de reproduction d'*A. boyeri* en Méditerranée entre mars et juin, avec un pic en avril-mai. Ces auteurs précisent que le RGS peut dépasser 10 % chez les femelles en période de ponte, ce qui est parfaitement cohérent avec nos observations. La prédominance de valeurs RGS plus élevées chez les femelles par rapport aux mâles traduit une différence d'investissement reproducteur en faveur de la production ovocytaire, phénomène général chez les petits téléostéens itéropares.

La relation entre le RGS et le RHS mérite une attention, dans notre étude, le RHS est maximum en mars, un mois avant le pic du RGS en avril. Ce décalage temporel suggère une mobilisation des réserves hépatiques pour la vitellogénèse, phénomène bien documenté chez les téléostéens. Kara et Gurkan (2006) ont observé le même décalage d'un mois entre le maximum du RHS et celui du RGS chez des populations turques d'*A. boyeri*, et l'ont interprété comme une preuve de l'implication du foie dans la synthèse des précurseurs vitellogéniques (vitellogénine) exportés vers les ovocytes en cours de maturation.

La nullité de l'indice d'adiposité en avril et mai ($Ad. = 0$ pour les deux sexes), après un maximum en mars ($Ad. = 1$), confirme que les lipides corporels accumulés en hiver sont mobilisés au profit de l'effort reproducteur printanier. Ce patron est classique chez les espèces à reproduction saisonnière et a été documenté par Leonardos et Sinis (2000) pour *A. boyeri* en milieu lagunaire grec.

La taille à laquelle 50 % des individus ont atteint leur première maturité sexuelle (L_{t50}) est de 4,11 cm pour les femelles et de 4,33 cm pour les mâles. Tous les individus de moins de 2,88 cm sont immatures. Ces valeurs se situent dans la fourchette des données disponibles pour

l'espèce en Méditerranée, mais méritent une discussion approfondie au regard des travaux comparatifs.

Quignard et Pras (1986) indiquent pour *A. boyeri* en Méditerranée une taille de première maturité généralement comprise entre 4 et 5 cm, avec des variations en fonction de la latitude et des conditions trophiques. Nos valeurs de 4,11 cm (femelles) et 4,33 cm (mâles) se situent dans la partie inférieure de cette fourchette, ce qui peut s'expliquer par les eaux relativement chaudes et riches en proies du littoral algérien qui favorisent une croissance rapide et une maturation précoce.

Leonardos et Sinis (2000) ont rapporté pour les populations lagunaires et marines de Grèce des valeurs de Lt50 légèrement supérieures (4,5–5,2 cm), en soulignant que les individus vivant dans les lagunes — milieux confinés à productivité primaire élevée — atteignent leur maturité à des tailles plus petites que ceux des zones côtières ouvertes. La lagune El Mellah, dans notre étude, pourrait donc contribuer à abaisser la valeur moyenne de Lt50, ce qui expliquerait en partie nos résultats légèrement inférieurs à ceux de Grèce.

Kara et Gurkan (2006) ont estimé le Lt50 à 4,20 cm pour les femelles et 4,40 cm pour les mâles sur des populations turques de la mer Égée, valeurs très proches des nôtres. Ils associent cette maturité précoce à la stratégie démographique générale de l'espèce, qualifiée de r-stratège, avec une forte allocation vers la reproduction dès les premiers stades adultes. Cette stratégie est cohérente avec la dynamique de population observée dans notre étude, où la prédominance des femelles dans les grandes classes de taille s'accompagne d'une entrée en reproduction des individus dès 2,88 cm (début de la plage de tailles matures).

CONCLUSION

L'ensemble des résultats obtenus dans la présente étude sur *Atherina boyeri* des côtes est algériennes sont cohérents avec les données disponibles en Méditerranée orientale et occidentale.

L'homogénéité méristique et biométrique entre les trois populations algériennes traduit une stabilité morphologique de l'espèce à l'échelle régionale quel que soit le taux de salinité du milieu, en accord avec les travaux de Quignard et Pras (1986) pour la France, de Leonardos et Sinis (2000) pour la Grèce et de Kara et Gurkan (2006) pour la Turquie. La biologie de la reproduction (RGS printanier élevé, maturité sexuelle précoce, dimorphisme sexuel faible) confirme la stratégie r-sélectionnée de l'espèce à l'échelle méditerranéenne, avec quelques nuances locales liées aux caractéristiques trophiques et physico-chimiques des milieux étudiés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andreu-Soler, A., Oliva-Paterna, F. J., Torralva, M., & Fernández-Delgado, C. (2006).** Population dynamics of *Atherina boyeri* in coastal Mediterranean habitats. *Hydrobiologia*, 555, 191–201. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1113-7>
- Bamber, R. & Henderson, P. (1988).** Pre-adaptive plasticity in *Atherina boyeri*. *Journal of Fish Biology*, 33, 17–23.
- Bartulović, V., Glamuzina, B., Conides, A., et al. (2004).** Age, growth and reproduction of *Atherina boyeri* in the Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 20(5), 427–430. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2004.00566.x>
- Bouriga, N., Selmi, S., Jarboui, O., et al. (2012).** Reproductive biology of *Atherina boyeri* from Tunisian lagoons. *Cahiers de Biologie Marine*, 53, 13–19.
- Domínguez-Petit, R. & Saborido-Rey, F. (2010).** New bioenergetic perspective of fish reproduction. *Marine Ecology Progress Series*, 400, 1–10. <https://doi.org/10.3354/meps08400>
- Ferrito, V. & Tigano, C. (1996).** Genetic and morphological variability in *Atherina boyeri*. *Journal of Fish Biology*, 49, 122–136.
- Ganias, K. (2014).** *Biology and Ecology of Sardines and Anchovies*. CRC Press.
- Kara, M.H. & Gurkan, S. (2006).** Age, growth and reproduction of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), in the Iskenderun Bay (Eastern Mediterranean, Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 22(5), 417–422. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00775.x>
- Koutrakis, E. & Tsikliras, A. (2009).** Reproductive biology of *Atherina boyeri* in Mediterranean lagoons. *Scientia Marina*, 73(4), 715–725.
- Leonardos, I. & Sinis, A. (2000).** Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). *Fisheries Research*, 45(2), 81–91. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00102-1)

- Lowerre-Barbieri, S. K. (2011).** Reproductive timing in marine fishes: Variability, temporal scales, and methods. In: *Fish Reproductive Biology*. Wiley-Blackwell.
- Lowerre-Barbieri, S. K., et al. (2017).** Reproductive resilience: A paradigm shift in understanding spawner-recruit systems in exploited marine fish. *Fish and Fisheries*, 18(2), 285–312. <https://doi.org/10.1111/faf.12180>
- Morgan, M. (2008).** Integrating reproductive biology into scientific advice for fisheries management. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 41, 37–51. <https://doi.org/10.2960/J.v41.m615>
- Patimar,R.&Mohammadzadeh,N.(2011).**ReproductivecharacteristicsofAtherinaboyeri. *CaspianJournalofEnvironmentalSciences*,9(1),97–105.
- 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 the Mediterranean*, Vol. 2. UNESCO, Paris, pp. 1207–1215.
- Rideout, J. & Tomkiewicz, J. (2011).** Skipped spawning in fishes: More common than you might think. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 176–189. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.556943>
- Vitale, F. & Wiegand, M. (2014).** Advances in modeling fish reproductive traits. *Fish and Fisheries*, 15(2), 216–240. <https://doi.org/10.1111/faf.12021>