

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Domaine : Sciences de la Nature et de la vie

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale

Spécialité : Halieutique

Thème :

Contributions à l'élaboration d'un Atlas des otolithes des poissons marins observés le long de la côte algérienne.

Présenté par :

BENAZOUZ Amira

DILMI Bouras Mohamed

Soutenu le 09/07/2025 devant le jury composé de :

M. MEZOUAR K.	Professeur	ENSSMAL	Président
Mme KENNOUCHE H.	MCA	ENSSMAL	Examinatrice
Mme LADOUL S.	MAA	ENSSMAL	Promotrice

Année universitaire : 2024 - 2025

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la vie
Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale
Spécialité : Halieutique

Thème :

Contributions à l'élaboration d'un Atlas des otolithes des poissons marins observés le long de la côte algérienne.

Présenté par :
BENAZOUZ Amira
DILMI Bouras Mohamed

Soutenu le 09/07/2025 devant le jury composé de :

M. MEZOUAR K.	Professeur	ENSSMAL	Président
Mme KENNOUCHE H.	MCA	ENSSMAL	Examinatrice
Mme LADOUL S.	MAA	ENSSMAL	Promotrice

Année universitaire : 2024 - 2025

Remerciements

*Nos remerciements les plus respectueux s'adressent à **M. MEZOUAR K.**, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance, en dépit de ses responsabilités administratives. Qu'il trouve ici l'expression de notre vive gratitude.*

*Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance à **Mme KENNOUCHE H.**, pour l'honneur qu'elle nous a accordé en acceptant d'examiner notre travail. Son regard critique et expert constitue un enrichissement précieux pour notre parcours académique.*

*Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à Madame **LADOUL S.**, notre encadrante, pour son accompagnement rigoureux, son engagement constant et sa précieuse implication depuis les premières étapes de ce travail jusqu'à son aboutissement. Sa disponibilité, son écoute, ainsi que la qualité de ses conseils ont constitué pour nous une source inestimable de motivation, de rigueur et d'inspiration. Grâce à sa bienveillance et à son exigence scientifique, elle a su orienter nos efforts avec patience et professionnalisme, contribuant ainsi de manière déterminante à la réussite de ce mémoire. Nous lui témoignons notre profonde reconnaissance et notre estime la plus sincère.*

*Nous exprimons également notre vive reconnaissance à Madame **CHANEZ**, l'ingénieure du laboratoire de biologie marine 1, pour son assistance technique, sa disponibilité et la clarté de ses explications, qui ont grandement facilité certains volets de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à Madame **ZOUADI C.**, pour son accueil chaleureux et sa précieuse disponibilité au sein du Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques. Son appui logistique et son accompagnement ont facilité nos démarches et contribué à la fluidité de la collecte d'informations sur le terrain.*

Nous souhaitons également exprimer toute notre gratitude à notre école, l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), pour l'environnement académique stimulant qu'elle nous a offert. Nous remercions sincèrement l'ensemble des enseignants qui ont jalonné notre parcours universitaire, pour la qualité de leur enseignement, leur encadrement pédagogique et leur contribution à notre formation scientifique et personnelle.

*Nos remerciements vont également à Monsieur **AÏSSA A.**, directeur de la Chambre de Pêche de Bouharoun, ainsi qu'à Monsieur **LEKHAL D.**, patron pêcheur, pour leurs accueils bienveillants, leur disponibilité, collaboration et les informations précieuses qu'ils ont généreusement partagées avec nous.*

Enfin, nous n'oublions pas de remercier chaleureusement l'ensemble des pêcheurs rencontrés dans les différents ports visités, pour leur collaboration spontanée, leur ouverture et leur disponibilité. Leurs témoignages, issus de l'expérience de terrain, ont enrichi de manière significative la dimension pratique de ce mémoire.

Dédicace

Nous dédions ce mémoire à nos chers parents, à nos pères et à nos mamans, dont les sacrifices, l'amour inconditionnel et le soutien indéfectible nous ont permis d'arriver jusqu'ici.

C'est grâce à eux que ce travail a pu voir le jour.

Nous dédions également ce travail à nos frères et sœurs, pour leur affection, leur patience et leur présence constante tout au long de notre parcours.

Nos remerciements les plus sincères vont aussi à notre encadrante, pour sa confiance, son accompagnement et ses conseils éclairés qui ont guidé chacune des étapes de ce mémoire.

Nous exprimons également notre gratitude à Mademoiselle Aya, étudiante en troisième année halieutique, pour sa précieuse contribution lors des enquêtes de terrain

Enfin, nous exprimons notre profonde reconnaissance à nos amis de la spécialité halieutique, avec qui nous avons partagé des moments d'entraide, d'échange et de camaraderie, qui ont enrichi cette aventure humaine et scientifique.

Liste des figures

N ^o	Titres	Pages
Figure 1.1	représentation cartographique du littoral algérien et des sites d'échantillonnage.....	3
Figure 1.2	faune rejetée lors d'une opération de chalutage de fond	5
Figure 2.1	vue de la face interne de l'otolithe sagittal illustrant les structures les plus représentatives chez <i>Epigonus denticulatus</i>	13
Figure 2.2	vue de la face externe de l'otolithe sagittal illustrant les structures les plus représentatives chez <i>Epigonus denticulatus</i>	13
Figure 2.3	Loupe binoculaire numérique utilisée pour l'imagerie des otolithes.....	18
Figure 2.4	schéma du processus de traitement d'images d'otolithes.....	19

Liste des planches

N ^o	Titres	Pages
Planche 3.1	classification des otolithes selon le type de sillon : première série (échelle =1 mm).....	26
Planche 3.2	classification des otolithes selon le type de sillon : suite (échelle =1 mm)..	27
Planche 3.3	atlas des otolithes et variabilité intra et interspécifique (échelle =1 mm) (Anthiadidae, Belonidae, Blenniidae, Caproidae et Chlorophthalmidae)....	29
Planche 3.4	classification des otolithes selon la taxonomie des Familles (échelle =1 mm) (Epigonidae, Gobiidae).....	30
Planche 3.5	classification des otolithes selon la taxonomie des Familles (échelle =1 mm) (Macrouridae, Moridae, Myctophidae).....	31
Planche 3.6	classification des otolithes selon la taxonomie des Familles (échelle =1 mm) (Ophichthidae, Ophidiidae, Serranidae).....	32
Planche 3.7	classification des otolithes selon la taxonomie des Familles (échelle =1 mm) (Sparidae, Synodontidae).....	33
Planche 3.8	classification des otolithes selon la taxonomie des Familles (échelle =1 mm) (Trachichthyidae, Trachinidae).....	34
Planche 3.9	classification des otolithes selon la taxonomie des Familles (échelle =1 mm) (Triglidae, Uranoscopidae).....	35
Planche 3.10	classification des otolithes selon Les indices morphométriques inspirés des travaux de Tuset et al. (2008) (échelle =1 mm).....	39
Planche 3.11	classification des otolithes selon Les indices morphométriques discriminateurs (échelle =1 mm).....	43
Annexe 3		
Planche 1	quelques exemples illustrés d'Osteichthyens identifiés dans les rejets de pêche (échelle : 1 cm).....	

Liste des tableaux

N°	Titres	Pages
Tableau 2.1	les parties principales de l'otolithe selon (Panfili <i>et al.</i> , 2002 ; Tuset <i>et al.</i> , 2008).....	14
Tableau 3.1	analyse morphométrique de quelques otolithes par les indices de Tuset <i>et al.</i> , (2008).....	40
Tableau 3.2	les indices morphométriques discriminateurs des formes otolithiques.....	41
Tableau 3.3	résultats de l'analyse morphométrique discriminante de quelques otolithes.....	44
Tableau 3.4	résultats du test du Wilcoxon–Mann–Whitney appliqué aux paramètres otolithiques entre Annaba et Bouharoun.....	46
 Annexe 1		
Tableau 1	tailles minimales autorisées à la capture en Algérie selon le Journal Officiel.....	
Tableau 2	intervalles bathymétriques des espèces marines issues des rejets de pêche.....	
Tableau 3	questionnaire sur le contexte des rejets de la pêche en Algérie.....	

Listes des figures et planches

Liste des tableaux

Sommaire

N ^o	Titres	Pages
	Introduction	1
	Chapitre 1 : Généralités	
1.	Présentation du littoral algérien.....	3
1.1	La baie d'Annaba.....	4
1.2	La baie de Bou Ismaïl.....	4
1.3	La baie de Ghazaouet.....	4
2	Les rejets de pêche.....	5
2.1	Définition et contexte générale.....	5
2.2	Présentation de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature.....	6
2.3	Valorisation et usages des rejets de pêche.....	7
2.4	Clé d'identification des familles.....	8
	Chapitre 2 : Matériel et méthodologie	
1	Stratégie d'échantillonnage.....	11
2	Traitements et analyses des échantillons.....	11
2.1	Identification des spécimens.....	11
2.2	Prise de mesures biométriques.....	12
2.3	Extraction et étude des otolithes.....	12
2.3.1	Aperçu historique de l'étude des otolithes.....	12
2.3.2	Nature, définition et utilisations des otolithes.....	13
2.3.3	Applications biologiques des otolithes.....	14
2.3.3.1	Estimation de l'âge et étude de la croissance.....	14
2.3.3.2	Reconstitution des événements de vie.....	15
2.3.3.3	Traçabilité environnementale.....	15
2.3.3.4	Répertoire illustré des otolithes : atlas otolithique.....	15
2.3.3.4.1	Définition d'un atlas.....	15
2.3.3.4.2	Utilité et applications d'un atlas des otolithes.....	16
2.3.4	Extraction des otolithes.....	17
3	Acquisition et traitements des images numériques.....	17
3.1	Acquisition des images.....	17

3.2	Traitement des images numériques.....	18
3.2.1	Traitement initial des images.....	19
3.2.2	Binarisation.....	19
3.2.3	Analyse morphométrique.....	20
3.2.4	Test de Wilcoxon–Mann–Whitney appliqué à la discrimination régionale....	20
	Chapitre 3 : Résultats et discussions	21
1	Inventaire spécifique des poissons issus des rejets de pêche.....	21
2	Atlas thématiques des otolithes : otolithes sous différents angles.....	26
2.1	Atlas des sillons otolithiques.....	26
2.2	Atlas otolithique selon la diversité morphologique intra et interspécifique....	29
2.2.1	Variabilité intraspécifique.....	29
2.2.2	Variabilité interspécifique.....	37
2.3	Analyse morphométrique des otolithes.....	38
2.3.1	Approche discriminante par les indices géométriques de Tuset <i>et al.</i> , (2008)	38
2.3.2	Approche discriminante par des indices géométriques élaborés.....	42
2.4	Discrimination morphométrique interrégionale des otolithes.....	46
	Conclusion.....	49
	Références bibliographiques.....	50
	Annexes.....	56
	Résumés	

Introduction

Les ressources halieutiques mondiales connaissent une pression sans précédent. Selon la FAO (2022), plus de 35 % des stocks halieutiques exploités à l'échelle mondiale sont aujourd'hui considérés comme surexploités, entraînant une baisse alarmante de l'abondance des espèces marines commerciales. En Méditerranée, cette tendance se confirme avec une intensification des efforts de pêche sur des stocks déjà fragilisés, accentuant les déséquilibres écologiques et la raréfaction de certaines espèces clés (Tsagarakis *et al.*, 2014 ; FAO, 2020).

En parallèle, une part importante des captures est systématiquement rejetée en mer sous forme de rejets, incluant des juvéniles, des espèces non ciblées ou encore des individus sans valeur commerciale. Ces rejets, longtemps perçus comme des pertes inévitables, constituent pourtant une biomasse biologiquement riche et largement sous-exploitée. Dans une optique d'économie circulaire et de gestion durable des ressources, leur valorisation devient une priorité, notamment à travers des usages innovants tels que la production de farines de poisson, le développement de produits à usage pharmaceutique ou cosmétique, la génération de bioénergie, ou encore la formulation d'appâts alternatifs (Zelasny et Mathew, 2010 ; Chatzifragkou et Papanikolaou, 2012 ; Shahidi et Ambigaipalan, 2018).

Le présent travail s'inscrit précisément dans cette logique de valorisation. Il vise, d'une part, à exploiter les rejets de pêche pour le développement d'un appât innovant à base de biomasse rejetée, dans le cadre d'une démarche de type BMC (Business Model Canvas en annexe au présent manuscrit), et d'autre part, à caractériser scientifiquement la richesse spécifique des rejets issus de trois baies représentatives du littoral algérien : Annaba, Bou Ismail et Ghazaouet.

L'étude a ainsi mis en lumière une grande diversité d'espèces, souvent absentes des relevés halieutiques traditionnels, mais écologiquement et taxonomiquement importantes.

Dans le prolongement de cette démarche, une seconde contribution mais surtout l'objectif primordial de ce travail a été la création d'un atlas morphologique des otolithes des espèces identifiées dans les rejets.

Les otolithes, structures calcifiées de l'oreille interne des téléostéens, sont des outils puissants d'identification spécifique, même en l'absence de l'individu complet. Or, à l'échelle de la Méditerranée, les atlas otolithiques disponibles restent rares, fragmentaires et souvent limités à des zones géographiques restreintes (Tuset *et al.*, 2008 ; Awadi, 2009 ; Mahe *et al.*, 2012).

L'élaboration d'un atlas régionalisé contribue à l'enrichissement de la littérature, tout en apportant un support précieux à la recherche halieutique et à la surveillance de la biodiversité marine au niveau des pêcheries le long du littoral algérien.

De plus nous nous sommes appuyés par le recours au matériel optique et numérique spécialisés, incluant une loupe binoculaire équipée d'une caméra intégrée, couplée à des logiciels d'analyse d'image pour la capture, le traitement et la mesure précise des otolithes.

Cette méthode a permis la constitution d'une base de données originale, à forte valeur ajoutée scientifique et applicative.

De ce fait, notre étude consacrée aux rejets des pêcheries algériennes et à l'élaboration d'un atlas otolithique, a été structurée autour de trois grands chapitres.

- **Le premier chapitre** est consacré aux généralités, présente le contexte écologique et halieutique du littoral algérien, la problématique des rejets de pêche et les zones d'étude (Annaba, Bou Ismaïl et Ghazaouet).
- **Le deuxième chapitre** décrit le matériel utilisé et les méthodes mises en œuvre, en commençant par l'échantillonnage des rejets, puis l'identification des espèces, ensuite l'extraction et le traitement des otolithes, enfin l'élaboration d'Atlas par l'acquisition d'images numériques pour des analyse morphologique selon des critères standardisés.
- **Le troisième chapitre**, relatif aux différents résultats et à leurs discussions, présente une analyse de la diversité spécifique observée dans les trois régions étudiées, ainsi qu'un aperçu illustré des atlas otolithiques développés par diverses approches.

Cette organisation permet de répondre aux objectifs fixés, en mettant en valeur la richesse des espèces rejetées, et la pertinence de l'approche otolithique dans les études de biodiversités halieutiques.

Chapitre 1 : Généralités

1. Présentation du littoral algérien

Le littoral algérien, s'étendant sur 2148 km selon une étude menée par l'Agence Presse Service (APS, 2023), constitue une interface écologique et socio-économique majeure, influencée par les dynamiques océaniques du bassin d'Alboran à l'Ouest et du bassin Algéro-Provençal à l'Est. Délimité par le Cap Spartel ($35,0936^{\circ}$ N- $2,1913^{\circ}$ W) à l'Ouest, près de Marsa Ben M'Hidi, et le Cap Roux ($37,092^{\circ}$ N - $8,553^{\circ}$ E) à l'Est, près d'El Kala, ce littoral présente une diversité d'habitats marins et côtiers qui façonnent la distribution des ressources halieutiques (Bouaziz *et al*, 2020).

La circulation océanographique, caractérisée par des échanges entre les eaux atlantiques et méditerranéennes, influence directement la productivité biologique et la structuration des communautés de poissons (Millot, 1999). Cette dynamique complexe, couplée aux pressions anthropiques croissantes, souligne l'importance des études scientifiques pour une gestion durable des écosystèmes marins et une exploitation raisonnée des stocks halieutiques (Boudouresque et Verlaque, 2002).

Le littoral algérien est structuré en trois grandes régions maritimes (Fig.1.1), correspondant aux influences des principaux bassins océaniques qui déterminent les dynamiques écologiques et halieutiques locales (Millot, 1999).

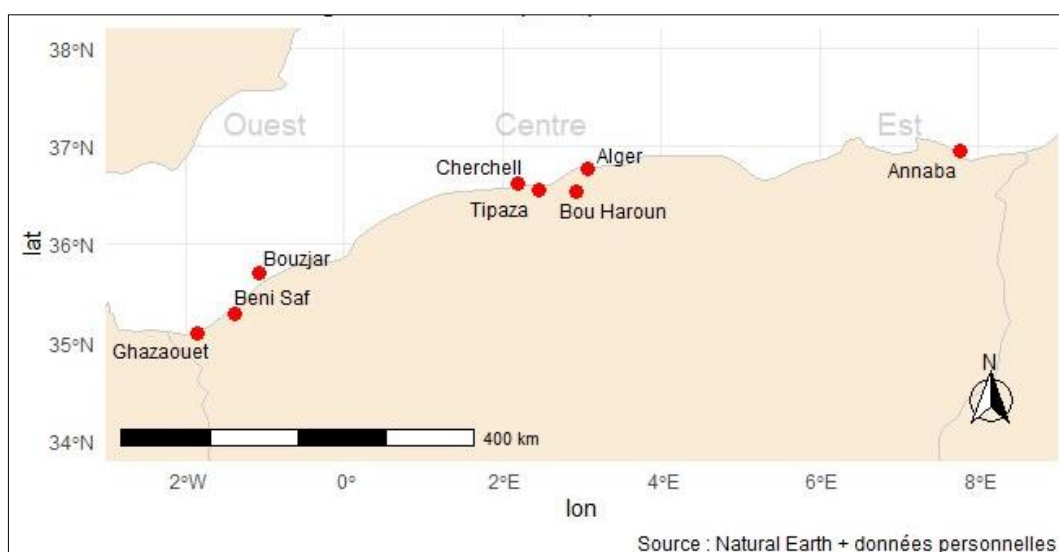


Figure 1.1 : représentation cartographique du littoral algérien et des sites d'échantillonnage (●).

La superficie maritime sous juridiction nationale offre environ 10 millions d'hectares aux activités de pêche. Les bandes les plus larges (occidentale et orientales) sont séparées par une zone centrale où les aires de pêche sont limitées, la côte est donc divisée en trois régions (Hemida, 2005).

- la région occidentale (Ouest) : s'étendant de la frontière algéro-marocaine à l'Ouest jusqu'à Ténès à l'Est, sous l'influence du bassin d'Alboran, englobe la baie de Ghazaouet. Cette dernière bénéficie des échanges avec les eaux atlantiques, favorisant une forte productivité primaire.

- la région centrale (Centre) : délimitée entre Ténès à l'Ouest et Dellys à l'Est, régie par le bassin central algérien, inclut la baie de Bou Ismaïl. Cette zone est caractérisée par des courants de surface dynamiques et des conditions favorisant l'abondance des petits pélagiques.

- la région orientale (Est) : allant de Dellys à l'Ouest jusqu'à la frontière algéro-tunisienne à l'Est, sous l'influence du bassin Algéro-Provençal, est représentée par la baie d'Annaba.

1.1 La baie d'Annaba

Située à l'extrémité nord-est du littoral algérien, la baie d'Annaba (Fig.1.1) s'étend sur près de 20 km entre le Cap de Garde et Ras El Hamra. Le port qui y est implanté occupe une position stratégique au sein du bassin Algéro-Provençal, à la latitude $36^{\circ} 54' 11''$ N et à la longitude $07^{\circ} 47' 03''$ E. Cette région est soumise à des circulations marines complexes issues du bassin central méditerranéen, où les courants est-ouest favorisent un brassage régulier des masses d'eau, enrichissant l'environnement côtier en nutriments (Millot, 1999 ; Puillat *et al*, 2002). Ce renouvellement contribue directement à la richesse biologique de la baie, en maintenant des conditions favorables à une diversité d'espèces planctoniques, benthiques et halieutiques. En parallèle, les activités humaines comme la pêche et l'aquaculture profitent de cette richesse naturelle tout en exerçant une pression sur les écosystèmes (Belbachir *et al*, 2019).

1.2 La baie de Bou Ismaïl

Sur la côte centrale algérienne, la baie de Bou Ismaïl (Fig.1.1) s'étend sur 15 à 20 km, englobe les communes de Bou Ismaïl, Bouharoun et Koléa. Située à 36.640° N et 2.560° E, elle se trouve du côté occidentale du bassin Algéro-Provençal, et caractérisée par des courants de surface dominants d'est en ouest, qui assurent une bonne oxygénation de la colonne d'eau et un transport constant de matière organique (Millot, 1999). Ces mécanismes hydrologiques favorisent la structuration de communautés marines riches et diversifiées, surtout au sein des herbiers à *Posidonia oceanica*, reconnus pour leur rôle écologique fondamental (Boudouresque et Verlaque, 2002). En outre, la stabilité océanographique de cette zone permet le développement de nombreuses espèces côtières, faisant de cette baie un habitat d'importance halieutique et écologique (Caddy, 1993).

1.3 La baie de Ghazaouet

À l'ouest du littoral algérien, la baie de Ghazaouet (Fig.1.1) se développe autour de la ville portuaire du même nom, entre 35.100° N et -1.850° W. Elle est située sous l'influence directe de la mer d'Alboran, bassin d'échange entre l'Atlantique et la Méditerranée. Ce secteur est soumis à une dynamique océanographique particulière, marquée par l'entrée des eaux atlantiques plus fraîches et riches en éléments nutritifs, qui créent un gradient de productivité biologique élevé (Millot, 1999 ; Hopkins, 1985).

2. Les rejets de pêche

2.1. Définition et contexte générale

Les rejets de pêche (discards) désignent la partie des captures qui, pour diverses raisons, est remise à la mer au lieu d'être conservée et débarquée. Ces rejets peuvent inclure des espèces (Fig.1.2) non ciblées, des individus sous-taille (annexe 1), des organismes endommagés ou présentant une valeur commerciale faible, ou encore des espèces réglementairement interdites à la capture. Le rejet peut survenir à la fois pour des raisons techniques, comme l'encombrement à bord ou les limitations de stockage, que juridiques, en lien avec les quotas ou les obligations des débarquement imposées par la politique commune de la pêche (Alverson *et al.*, 1994 ; Uhlmann *et al.* 2019).



Figure 1.2 : faune rejetée lors d'une opération de chalutage de fond

Dans le bassin méditerranéen, les rejets représentent une problématique complexe et encore partiellement documentée. Bien que souvent perçue comme moins concernée que d'autres zones de pêche intensives (comme l'Atlantique Nord-Est), la Méditerranée connaît des taux de rejets non négligeables, notamment dans les pêcheries de chalutage démersal et de petits pélagiques. Selon Tsagarakis *et al.*, (2014), les taux de rejets peuvent varier entre 4 % et 40 % des captures totales selon les métiers et les zones, ce qui représente une perte importante tant du point de vue écologique qu'économique.

Les conséquences de ces pratiques sur les écosystèmes marins sont multiples : altération des structures trophiques, augmentation de la mortalité accessoire, perturbation des communautés benthiques, ou encore concurrence alimentaire accrue pour les espèces charognardes (Catchpole *et al.*, 2005 ; Bellido *et al.*, 2011). Les rejets peuvent aussi affecter des espèces protégées ou vulnérables, comme les raies, les requins, ou les tortues marines, augmentant ainsi la pression sur des populations déjà fragilisées.

Face à ces enjeux, la FAO (2022) a publié un guide méthodologique intitulé « suivi des rejets de la pêche en Méditerranée et en mer Noire : méthode de collecte des données ».

Ce document vise à standardiser les pratiques de suivi des rejets et propose l'utilisation de plusieurs approches complémentaires : observateurs embarqués, auto-échantillonnage par les pêcheurs, enquêtes post-débarquement et technologies de surveillance électronique. Ces méthodes permettent d'obtenir des données plus précises et fiables sur les volumes rejetés, leur composition spécifique, et leur destination finale (vivants, morts, consommés par la faune, etc.).

Par ailleurs, la revalorisation des rejets, à travers leur transformation en farines de poisson, produits destinés à l'alimentation animale ou aquacole, ou même en ingrédients pour la pharmacopée marine, représente une piste de valorisation durable, bien que peu exploitée en Méditerranée (Zelasny et Mathew, (2010) ; FAO, (2016)). Des initiatives locales et des projets pilotes visent également à sensibiliser les pêcheurs et à encourager l'adoption d'engins sélectifs pour minimiser les captures non désirées (Suuronen *et al*, 2012).

Malgré la reconnaissance croissante à l'échelle internationale de l'enjeu que représentent les rejets de pêche tant sur le plan écologique qu'économique, l'Algérie ne semble pas encore avoir adopté une stratégie nationale consolidée pour leur gestion ou leur valorisation. Les réponses recueillies à travers notre enquête (voir le questionnaire en annexe 2) révèlent une absence notable de mesures structurées : aucun cadre réglementaire spécifique, peu d'intégration dans les statistiques officielles ou les politiques halieutiques, et une insuffisance de sensibilisation auprès des acteurs de la filière. Toutefois, un signe d'orientation émergente se dessine à travers l'existence d'un projet scientifique porté par le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), orienté vers la valorisation des rejets. Ce projet témoigne d'une volonté capitale, de s'inscrire dans les perspectives de l'économie bleue, en explorant les potentialités offertes par la transformation des rejets en produits à haute valeur ajoutée (farine, huile, alimentation animale, ...etc.).

2.2 Présentation de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Créée en 1948, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) est l'une des plus anciennes et des plus grandes organisations mondiales dédiées à la conservation de la biodiversité et à l'utilisation durable des ressources naturelles. Elle regroupe des gouvernements, des institutions scientifiques, des organisations non gouvernementales et des experts afin de développer des stratégies de gestion et de protection des écosystèmes. L'UICN est notamment connue pour la publication de la Liste rouge des espèces menacées, un outil scientifique de référence qui évalue le statut de conservation de milliers d'espèces à travers le monde (UICN, 2020).

Le rôle de l'UICN dans la biodiversité marine et la valorisation des rejets de pêche en Méditerranée.

L'UICN joue un rôle essentiel dans la préservation des écosystèmes marins et la gestion durable des ressources halieutiques. En Méditerranée - une région particulièrement vulnérable à la surpêche et aux pratiques non durables -, l'organisation œuvre pour la mise en place de mesures visant à réduire l'impact des activités de pêche sur la biodiversité marine (IUCN-Med, 2016). Parmi ces mesures, l'amélioration de la sélectivité des engins de pêche est encouragée afin de limiter les captures accessoires et les rejets en mer.

En matière de valorisation des rejets de pêche, l'UICN collabore avec la FAO et la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (CGPM) pour promouvoir des solutions alternatives, telles que la réutilisation des sous-produits halieutiques dans l'aquaculture, la biotechnologie ou encore l'alimentation animale (FAO, 2020). Cette approche vise non seulement à réduire le gaspillage des ressources marines, mais aussi à favoriser une économie circulaire dans le secteur halieutique. L'UICN soutient également des projets de recherche et d'innovation axés sur la transformation des rejets de pêche en produits à haute valeur ajoutée, tout en veillant à préserver l'équilibre des écosystèmes marins (UICN, 2020).

2.3 Valorisation et usages des rejets de pêche

La valorisation des rejets de pêche constitue un levier essentiel dans la perspective d'une gestion durable et circulaire des ressources marines. Ces rejets englobent non seulement les captures accessoires ou sous-taillées rejetées en mer, mais également les coproduits issus du traitement post-capture tels que les têtes, arêtes, viscères, peaux ou nageoires. Loin d'être de simples déchets, ces sous-produits représentent une ressource biologique à fort potentiel, tant sur le plan nutritionnel qu'industriel (Rust *et al.*, 2011 ; FAO, 2020).

- **Alimentation animale et aquaculture**

L'une des principales voies de valorisation concerne leur transformation en farine et huile de poisson, utilisées dans l'alimentation animale, notamment en aquaculture. Ces produits sont riches en protéines de haute qualité, en acides gras polyinsaturés oméga-3, et en micronutriments essentiels. Selon Olsen et Hasan (2012), les farines issues des coproduits présentent des profils nutritionnels comparables à ceux dérivés des captures entières, tout en ayant un impact environnemental moindre, car elles reposent sur des biomasses déjà exploitées.

- **Applications pharmaceutiques, cosmétiques et biomédicales**

Les coproduits de la pêche sont également une source précieuse de biomolécules à haute valeur ajoutée. Le collagène et la gélatine extraits des peaux et arêtes sont utilisés dans l'industrie pharmaceutique pour la fabrication de biomatériaux (films, pansements, prothèses) et dans la cosmétique pour les soins anti-âge (Ghaly *et al.*, 2013 ; Gómez-Guillén *et al.*, 2011).

Par ailleurs, l'extraction d'oméga-3 (EPA et DHA) à partir des huiles de poissons rejetés constitue une alternative durable aux sources conventionnelles, tout en répondant à la demande croissante de compléments nutritionnels naturels (Shahidi et Ambigaipalan, 2018).

- **Bioénergie et fertilisation**

Une autre stratégie durable repose sur la valorisation énergétique des rejets par méthanisation. Grâce à leur richesse en matières organiques, les coproduits peuvent être transformés en biogaz par digestion anaérobie, contribuant ainsi à la production d'énergie renouvelable et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Chatzifragkou et Papanikolaou, 2012). Les digestats issus de cette méthanisation peuvent ensuite être utilisés comme biofertilisants, permettant une réintégration des éléments minéraux dans les sols agricoles, favorisant une agriculture plus durable et circulaire (FAO, 2018).

- **Vers une économie bleue durable**

La valorisation des rejets de pêche s'inscrit dans les principes de l'économie bleue, qui promeut une exploitation responsable et intégrée des ressources marines. En réintégrant ces biomasses dans des filières économiques innovantes, cette approche permet non seulement de réduire l'impact environnemental des pêches, mais aussi de renforcer la résilience économique des communautés côtières (FAO, 2022).

- **Fabrication d'appâts alternatifs**

Les rejets de pêche peuvent également être valorisés sous forme d'appâts naturels ou formulés, permettant de réduire la dépendance à des espèces spécifiques utilisées traditionnellement dans certaines pêcheries (morue, maquereau, etc.). Cette pratique, soutenue par des projets pilotes en Europe et en Asie, permet une réduction de la pression sur les espèces ciblées tout en maximisant l'utilisation de la biomasse capturée (Sánchez-Amaya *et al.*, 2020). Ces appâts biodégradables ou compostables sont également mieux adaptés aux objectifs de réduction de l'empreinte écologique des pêcheries.

2.4 Clé d'identification des familles

Une clé d'identification simplifiée des familles des espèces de poissons rejetés a été élaborée dans le cadre de ce travail, en se basant sur les critères morphologiques généraux.

Cette clé a été construite à partir de plusieurs sources de référence, notamment les descriptions illustrées par Dieuzeide *et al.*, (1953), les fiches d'identification utilisées par la FNAME Whitehead *et al.*, (1984–1989), les fiches techniques de la FAO pour la zone Méditerranée et mer Noire (FAO, 2002), ainsi que les bases de données en ligne FishBase et WoRMS World Register of Marine Species (Froese et Pauly, 2025), qui ont permis de vérifier la nomenclature taxonomique actuelle des espèces observées issues principalement des rejets de la pêche algérienne.

Corps fusiforme élancé, très coloré (rose, rouge, orange), nageoires pectorales parfois très développées, hermaphrodites protogynes.....	Anthiidae
Deux nageoires dorsales bien séparées, tête et yeux larges, mâchoire inférieure proéminente, souvent incubateur buccal mâle.....	Apogonidae
Corps argenté, élancé, présence d'une nageoire adipeuse entre la dorsale et la caudale.....	Argentinidae
Corps allongé, mâchoires très allongées en forme de bec avec dents pointues.....	Belonidae
Corps anguilliforme sans écailles, tentacules céphaliques fréquents au-dessus des yeux.....	Blenniidae
Poissons plats, yeux placés sur le côté gauche du corps, nageoires dorsale et anale longues.....	Bothidae
Deux dorsales distinctes, coloration vive, écailles fines et tête arrondie.....	Callanthiidae
Corps discoïdal très comprimé latéralement, museau arrondi, nageoires dorsales longues.....	Caproidae
Corps fusiforme, pédoncule caudal très étroit avec carènes latérales, nage rapide..	Carangidae
Corps très comprimé verticalement, museau allongé en forme de tube, nageoires dorsales reculées.....	Centriscidae
Corps rubané, longue nageoire dorsale fusionnée avec la caudale, bouche oblique	Cepolidae
Yeux globuleux très développés, corps allongé argenté, museau pointu.....	Chlorophthalmidae
Corps comprimé avec bord ventral dentelé (scutelles), bouche terminale, pas de ligne latérale.....	Clupeidae
Corps anguilliforme, absence de nageoires pelviennes, narines antérieures tubulaires.....	Congridae
Corps ovale, très aplati, yeux situés sur le côté gauche, bouche en crochet oblique	Cynoglossidae
Très grandes nageoires pectorales déployables (en ailes), plaques osseuses sur la tête et le corps.....	Dactylopteridae
Corps fusiforme, mâchoire supérieure très saillante, bouche grande, écailles facilement détachables.....	Engraulidae
Corps modérément allongé, yeux grands, deux dorsales séparées, souvent avec ligne latérale bien visible.....	Epigonidae
Corps massif, bouche grande avec mâchoire inférieure saillante, trois épines anales.....	Epinephelidae
Corps allongé, présence de barbillon mentonnier, 3 nageoires dorsales et 2 anales	Gadidae
Nageoires pelviennes fusionnées en disque adhésif, corps court, tête large, écailles cycloïdes.....	Gobiidae
Lèvres charnues et striées, corps comprimé, nageoires dorsales continues.....	Haemulidae
Tête large et aplatie, premier rayon de la dorsale modifié en leurre (esca), bouche très large.....	Lophiidae
Deux dorsales, la seconde longue, confluent avec l'anale à l'extrémité caudale effilée ; dans certains cas, présence d'une crête s'étendant de l'extrémité du museau jusqu'à l'opercule.....	Macrouridae

Corps très aplati latéralement, nageoire caudale absente remplacée par une pseudocaudale (clavus).....	Molidae
Deux barbillons mentonniers sensoriels, corps fusiforme, souvent rouge ou rosé	Mullidae
Corps allongé, photophores lumineux sur le ventre et flancs, nageoire adipeuse présente.....	Myctophidae
Corps serpentiforme, absence de nageoire caudale distincte, narines tubulaires.....	Ophichthidae
Corps allongé, nageoires dorsale, anale et caudale fusionnées, pelviennes souvent réduites.....	Ophidiidae
Corps cuirassé recouvert de plaques osseuses rigides, tête triangulaire, rayons libres sur les pectorales.....	Peristediidae
Corps trapu, présence de rayons épineux venimeux sur la dorsale et les opercules	Scorpaenidae
Corps comprimé, tête épineuse, dorsale épineuse et continue.....	Sebastidae
Corps trapu, trois épines anales, bouche grande avec mâchoires robustes	Serranidae
Corps aplati, yeux situés sur le côté droit, nageoires continues sans séparation.....	Soleidae
Corps ovale haut, dents incisives ou molaires selon l'espèce, opercule dentelé....	Sparidae
Corps fusiforme allongé, mâchoires puissantes avec dents acérées visibles.....	Sphyraenidae
Présence de photophores, dents longues et fines, tête fortement allongée.....	Stomiidae
Corps allongé et en forme de tube, mâchoires soudées en rostre, souvent cuirassé.	Syngnathidae
Corps ovale haut, écailles rugueuses (cténoïdes), nageoires dorsales rapprochées..	Trachichthyidae
Yeux dorsaux, épines venimeuses sur l'opercule et la dorsale, corps allongé.....	Trachinidae
Corps extrêmement allongé, aplati en ruban, pas de nageoire pelvienne.....	Trichiuridae
Nageoires pectorales très larges, présence de trois rayons libres en avant des nageoires pectorales.....	Triglidae
Yeux orientés vers le haut, bouche verticale, épines operculaires souvent venimeuses.....	Uranoscopidae
Corps haut et comprimé, bouche protractile, nageoires pelviennes longues insérées en avant des pectorales, gros ocelle sur le flanc	Zeidae

Chapitre 2 : Matériel et méthodologie

1. Stratégie d'échantillonnage

L'échantillonnage, tel défini par Daget (1976), correspond à un ensemble d'opérations destinées à prélever, de manière rigoureuse et représentative, une fraction d'une population dans le but d'en étudier certaines caractéristiques.

Dans le cadre de la présente étude, les prélèvements ont été collectés lors des sorties de prospection réalisées dans plusieurs ports de pêche, le long du littoral algérien. Les observations ont été menées directement sur les quais, au moment du débarquement des navires, permettant une collecte sans tri des rejets. Grâce à la collaboration de quelques patrons pêcheurs (dans la mesure du possible), des rejets nous ont été réservés, comprenant à la fois des espèces commerciales ne répondant pas aux tailles réglementaires et des espèces non commerciales. Cette démarche, bien que de nature aléatoire et ponctuelle, car dépendante de l'arrivée des bateaux, mais surtout de la volonté des marins pêcheurs, elle a été conduite de manière systématique et rigoureuse afin d'assurer une représentativité maximale de la faune rejetée dans les ports étudiés.

Nous avons noté les secteurs et périodes de prélèvements respectivement comme suit : en région Est, le port d'Annaba (juillet, août et octobre 2024) ; dans le Centre, les ports de Bou Haroun, Cherchell, Tipaza et Alger (mai 2023 et mai et juin 2024) ; et dans l'Ouest, Ghazaouet, Beni Saf et Bouzedjar (mai 2022).

Ces opérations ont été accompagnées d'une enquête sur le terrain menée auprès des marins-pêcheurs et des autorités portuaires, afin de mieux comprendre les pratiques de tri à bord, la fréquence des rejets, ainsi que la typologie des espèces non valorisées. Les informations collectées ont permis de préciser que les rejets provenaient majoritairement de chalutiers opérant sur différentes profondeurs, selon les cibles commerciales : les chaluts de fond exploitaient des zones comprises entre 31,09 m et 182,88 m pour les poissons démersaux ; les chalutiers ciblant la crevette blanche opéraient entre 182,88 m et 457,20 m ; tandis que ceux destinés à la crevette rouge atteignaient des profondeurs de 365,76 m à 640,08 m.

Cette stratification bathymétrique explique en grande partie la composition des rejets observés, incluant de nombreuses espèces de faune profonde, voire abyssale.

2 Traitements et analyses des échantillons

2.1 Identification des spécimens

L'identification des espèces rejetées a été réalisée selon une démarche progressive, rigoureuse et conforme aux standards scientifiques en vigueur. Dans un premier temps, les spécimens collectés ont été triés selon les grands embranchements zoologiques, distinguant notamment les poissons cartilagineux (Chondrichthyens) des poissons osseux (Ostéichthyens).

Les poissons osseux, majoritaires dans les captures, ont ensuite été identifiés, sur la base des critères morpho-anatomiques tels : la forme générale du corps, la structure et la disposition des nageoires, la formule radiaire, la nature des écailles, la dentition, ...etc.

Les principaux ouvrages et outils utilisés ayant servi à l'identification des espèces de poisson ont déjà été cités en Chapitre 1 (partie 2.4).

D'autres éléments nécessaires à la réalisation de notre étude y ont été également tirés tels : la biologie, l'écologie, la répartition et l'intérêt pour la pêche.

La présence et la conformité des espèces identifiées ont été amplement vérifiées et confirmées à l'aide des travaux de Dieuzeide *et al.*, (1953), qui constituent encore aujourd'hui une référence incontournable pour l'ichtyofaune de Méditerranée occidentale. Cet ouvrage, basé sur des observations rigoureuses de terrain, a été particulièrement utile pour valider l'identité de certaines espèces cryptiques ou peu fréquentes dans les rejets.

2.2 Prise de mesures biométriques

Après l'identification, chaque spécimen a fait l'objet d'un traitement biométrique rigoureux. La taille totale (LT cm) des poissons a été mesurée à l'aide d'un ichtiomètre, allant de l'extrémité du museau jusqu'à l'extrémité caudale (queue entièrement étirée).

La hauteur maximale du corps (H cm) a également été prise, mesurant le plus haut point du profil. Le poids total (PT g) du spécimen a été déterminé à l'aide d'une balance électronique de précision. A titre indicatif le sexe a aussi été déterminé dans la mesure du possible.

2.3 Extraction et étude des otolithes

2.3.1 Aperçu historique de l'étude des otolithes

L'intérêt scientifique pour les otolithes remonte à l'Antiquité. Aristote fut l'un des premiers à mentionner ces structures calcifiées intracrâniennes chez les poissons, bien qu'à cette époque, leur rôle exact restait inconnu (Campbell, 1929 ; Chainé et Duvergier, 1934). Durant la Renaissance, leur présence fut souvent associée à des croyances populaires leur attribuant des propriétés médicinales et mystiques (Duffin, 2007). Ce n'est qu'au XIX^e siècle que les otolithes furent étudiés de manière rigoureuse, notamment par Georges Cuvier, qui reconnut leur utilité dans la classification des poissons en raison de leur morphologie spécifique (Koken, 1884 ; Hecht, 1978). Avec les travaux pionniers de Koken et d'autres naturalistes du XIX^e siècle, les otolithes commencèrent à être utilisés comme outils taxonomiques. Leur importance a considérablement augmenté au XX^e siècle, notamment grâce à leur intégration dans les domaines de l'archéologie, de la paléontologie, et plus récemment dans les sciences halieutiques et l'écologie (Nolf, 1985 ; Morales-Nin et Panfili, 2002).

2.3.2 Nature, définition et utilisations des otolithes

Les otolithes sont de petites structures calcifiées situées dans l'oreille interne des poissons téléostéens, où ils assurent des fonctions essentielles liées à l'équilibre, à l'orientation spatiale et à la perception auditive (Popper et Fay, 1993 ; Romer, 1966). Ils se développent dans trois cavités distinctes de l'appareil vestibulaire, abritant respectivement les sagittae, lapilli et asterisci, chacun associé à une région sensorielle spécifique (Tuset *et al.*, 2008).

Parmi ces trois types, les sagittae sont les plus volumineux et les plus fréquemment exploités dans le cadre des études halieutiques, en raison de leur forme caractéristique, de leur taille importante et de leur capacité à se conserver même dans des conditions extrêmes (Tuset *et al.*, 2008 ; Chien *et al.*, 2022). Leur croissance continue, par dépôts successifs d'aragonite et de protéines, formant des incréments concentriques qui constituent une véritable archive biologique.

En plus de leur utilité analytique, les sagittae présentent une organisation morphologique complexe, composée de plusieurs parties distinctes, illustrées dans les figures 2.1 et 2.2, dont la description fonctionnelle est détaillée en tableau 2.1. Ces parties incluent généralement le rostre, l'excroissance postérieure (antirostre) et le sulcus acusticus (formé du collum, cauda et ostium).

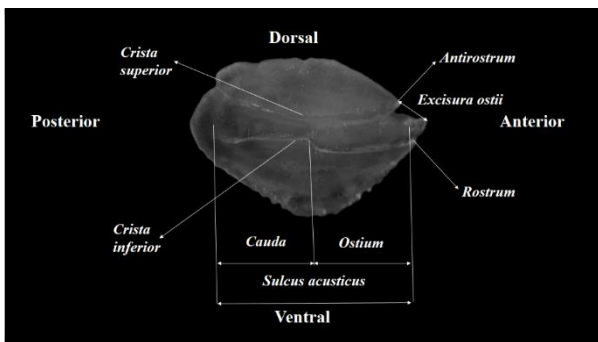


Figure 2.1 : vue de la face interne de l'otolithe sagittal illustrant les structures les plus représentatives chez *Epigonus denticulatus*.

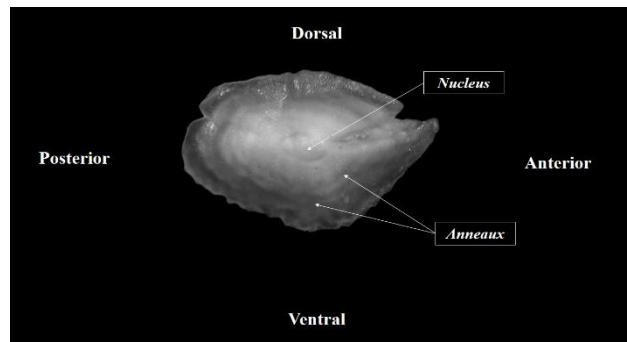


Figure 2.2 : vue de la face externe de l'otolithe sagittal illustrant les structures les plus représentatives chez *Epigonus denticulatus*.

Les caractéristiques morphologiques externes des otolithes telles que la longueur, la hauteur, la structure du sulcus acusticus ou la courbure des bords offrent une spécificité interspécifique précieuse, rendant ces structures indispensables à de nombreuses applications en biologie des pêches, notamment pour l'analyse de la croissance, de la structure des stocks, des régimes alimentaires ou encore des migrations (Tuset *et al.*, 2008 ; Soler *et al.*, 2021).

Tableau 2.1 : les parties principales de l'otolithe selon (Panfili *et al.*, 2002 ; Tuset *et al.*, 2008).

Partie de l'otolithe	Définition
Face médiale (ou interne)	Face tournée vers l'intérieur du crâne. Elle porte le sulcus acusticus, principal critère d'identification morphologique.
<i>Sulcus acusticus</i>	Dépression longitudinale médiane servant à la réception des vibrations. Divisé en deux sections : ostium (avant) et cauda (arrière), séparées par la crista, peut avoir un plancher surélevé appelé colliculum. Très variable entre espèces.
<i>Ostium</i>	Partie antérieure du sulcus. Souvent ouverte à l'avant par une échancrure (excisura ostii). Sa forme peut être funnel-like, tubular, bent, etc.
<i>Cauda</i>	Partie postérieure du sulcus. Généralement fermée, sauf si elle atteint le bord postérieur (excisura caudalis). Formes : tubulaire, elliptique, incurvé, ...etc.
<i>Crista</i>	Bord du sulcus, plus ou moins marqué, délimitant l'ostium et la cauda.
<i>Rostrum</i>	Excroissance antérieure située sous l'ostium peut-être pointue (peaked), arrondi (round), ou émoussé (blunt).
<i>Antirostrum</i>	Excroissance au-dessus de l'ostium. Absente ou faiblement développée chez certaines espèces.
<i>Excisura ostii</i>	Échancrure à la jonction entre rostrum et antirostrum, là où l'ostium s'ouvre, peut-être profonde ou superficielle.

2.3.3 Applications biologiques des otolithes

Les otolithes, en tant que structures minéralisées croissant tout au long de la vie du poisson, fournissent des enregistrements temporels d'une grande richesse biologique. Leur lecture permet de retracer divers aspects de l'histoire individuelle de l'animal, constituant ainsi une ressource fondamentale pour l'étude de la biologie, de l'écologie, et de la gestion des populations halieutiques.

2.3.3.1 Estimation de l'âge et étude de la croissance

L'utilisation des otolithes comme outil d'estimation de l'âge repose sur la reconnaissance de structures de croissance périodiques (annuli ou incréments journaliers), visibles sous microscope optique ou électronique. Ces structures permettent d'identifier l'âge chronologique de l'individu ainsi que les variations de son taux de croissance. Contrairement aux méthodes basées sur les fréquences de taille ou les marqueurs biochimiques, les otolithes offrent une précision supérieure et une résolution temporelle fine. Cela s'avère indispensable pour la modélisation démographique, la détection de cohortes et l'évaluation du recrutement (Morales-Nin, 2000 ; Panfili *et al.*, 2002).

2.3.3.2 Reconstitution des événements de vie

Au-delà de la simple datation, l'analyse de la microstructure des otolithes permet d'identifier des événements clés de la trajectoire individuelle du poisson, tels que la métamorphose, la migration, ou encore les périodes de reproduction. Certaines discontinuités dans les patrons de croissance ou des changements dans la composition élémentaire du matériau indiquent des transitions ontogéniques ou des modifications d'habitat. Ces marqueurs sont de puissants outils pour reconstituer les trajectoires de vie dans une perspective écologique (Campana, 1999 ; Secor et Rooker, 2000).

2.3.3.3 Traçabilité environnementale

L'analyse chimique des otolithes, et notamment leur composition en éléments traces ou isotopes stables, constitue une fenêtre unique sur les conditions environnementales rencontrées par l'individu tout au long de sa vie. Les variations spatiales et temporelles de la température, de la salinité ou encore de la productivité peuvent être détectées par des techniques comme la spectrométrie de masse couplée à l'ablation laser (LA-ICP-MS). Cette approche permet d'identifier les habitats essentiels, de suivre les migrations, et d'établir des connectivités entre zones de nurserie et de reproduction (Thresher, 1999 ; Elsdon et Gillanders, 2003).

2.3.3.4 Répertoire illustré des otolithes : atlas otolithique

2.3.3.4.1 Définition d'un atlas

Dans ce contexte, la constitution d'un atlas otolithique s'impose comme un outil de référence incontournable. Il s'agit d'un répertoire visuel et descriptif qui rassemble, de manière standardisée, les otolithes de nombreuses espèces de poissons d'une zone géographique donnée. Ces représentations incluent des photographies numériques (généralement de la face interne), accompagnées de descriptions morphologiques (forme, contour, sulcus), et de mesures morphométriques (longueur, hauteur, surface, indices de forme comme la circularité ou l'aspect ratio).

L'objectif principal d'un tel atlas est de faciliter l'identification taxonomique des espèces à partir de leurs otolithes, que ce soit dans le cadre d'analyses alimentaires (restes dans les contenus stomacaux de prédateurs), d'études archéozoologiques (restes fossiles ou subfossiles), ou de discrimination de stocks halieutiques (Härkönen, 1986 ; Tuset *et al.*, 2008).

2.3.3.4.2 Utilité et applications d'un atlas des otolithes

Un atlas otolithique ne se limite pas à une finalité descriptive : il s'inscrit dans une dynamique scientifique plus large. Parmi ses applications notables :

- il constitue un support aux études trophiques, en permettant l'identification précise des proies dans les régimes alimentaires de prédateurs piscivores (Härkönen, 1986 ; Smale *et al.*, 1995) ;
- il contribue à l'analyse des assemblages paléo écologiques, car les otolithes fossiles offrent des indications précieuses sur les faunes ichthyologiques anciennes et les environnements passés (Nolf, 1985 ; Assis, 2004) ;
- il fournit une discrimination des stocks halieutiques, puisque les différences morphométriques dans les otolithes peuvent révéler des structures de population ou des isolements géographiques, utiles à la gestion des pêcheries (Campana et Casselman, 1993 ; Lombarte *et al.*, 2006) ;
- il peut servir d'appui à la taxonomie et à la phylogénie, en raison de la forme otolithique qui est en lien avec la fonction auditive, il peut présenter des tendances évolutives permettant d'éclairer les relations entre espèces ou familles (Lombarte et Cruz, 2007) ;
- il souligne un intérêt particulier dans le contexte d'études ciblées sur un territoire restreint, comme c'est le cas dans les programmes de valorisation des rejets de pêche ou de suivi écologique local. La création d'un atlas otolithique régionalisé présente des avantages majeurs, en regroupant les otolithes des espèces les plus fréquemment rencontrées localement.

Ce type d'approche a été mis en œuvre avec succès dans plusieurs régions, notamment par Tuset *et al.*, (2008) pour la Méditerranée occidentale et par Mahe *et al.*, (2012) pour l'Atlantique Nord-Est, cet outil (atlas d'otolithe localisé) :

- Valorise les collections otolithiques existantes (issues de campagnes d'échantillonnage, de stations de débarquement, ou de rejets).
- Facilite l'identification rapide des espèces, notamment dans le cas de restes fragmentaires ou dégradés.
- Constitue une base de données pérenne, ouverte à l'enrichissement continu par de nouveaux échantillons.
- Renforce la surveillance des communautés ichthyologiques à travers le temps, en permettant la détection de changements dans la composition spécifique ou les dynamiques de population.
- Contribue à des efforts de conservation, en identifiant des espèces vulnérables ou indicatrices d'un changement environnemental.

2.3.4 Extraction des otolithes

Les otolithes ont été prélevés avec précaution afin de préserver leur intégrité, condition indispensable à une analyse morphologique et taxonomique fiable. L'extraction a été réalisée par dissection crânienne selon une méthode couramment utilisée en biologie des poissons (Secor *et al.*, 1992 ; Harvey *et al.*, 2000). Une incision a été pratiquée à l'aide de ciseaux fins ou d'un scalpel au niveau de la voûte crânienne, juste en arrière des orbites oculaires, permettant l'accès à la boîte crânienne. Les otolithes sagittae, logés dans les cavités auditives à la base du crâne, ont été extraits à l'aide de pinces fines, en évitant toute fracture.

Après leur extraction, les otolithes ont été rincés à l'eau distillée afin d'éliminer les résidus de tissus organiques, puis séchés délicatement à l'aide de papier absorbant. Chaque paire a été conservée dans des micro tubes Eppendorf numérotés, avec un code d'échantillon indiquant l'espèce, le site de capture et le numéro de l'individu, assurant ainsi une bonne traçabilité pour les analyses ultérieures (ICES, 2021).

3 Acquisition et traitements des images numériques

L'imagerie numérique correspond à l'ensemble des procédés permettant de convertir un objet physique en image grâce à des dispositifs optiques, comme les microscopes munis de caméras. En biologie, et plus spécifiquement en ichtyologie, elle joue un rôle clé dans l'étude morphologique des structures calcifiées, notamment les otolithes (Panfili *et al.*, 2002). Cette approche permet d'obtenir des images nettes et standardisées, essentielles pour comparer les spécimens entre espèces et produire des supports scientifiques fiables.

Dans le cadre de notre étude, l'imagerie numérique a été utilisée pour mettre en évidence les caractéristiques des otolithes sagittaux de différentes espèces de poissons marins. Les prises de vue internes, focalisées sur la face médiale, permettent d'observer des éléments morphologiques déterminants tels que le sulcus acusticus, le rostrum ou encore l'antirostrum. Ces clichés ont servi à constituer un atlas pour des recherches en écomorphologie ou en sclérochronologie (Panfili *et al.*, 2002 ; Tuset *et al.*, 2008), et dans le présent cas, ils constituent un répertoire de référence utile à la classification des espèces issues des rejets de pêche et plus particulièrement dans le but de leur valorisation.

3.1 Acquisition des images

Pour la capture des images numériques des otolithes, une loupe binoculaire munie d'une caméra numérique intégrée a été utilisée (Fig.2.1). Cette caméra, reliée à un ordinateur via un port USB, était contrôlée à l'aide du logiciel ImageFocus Plus (Euromex Microscopen B.V., 2019).

Ce logiciel permet de régler les paramètres d'acquisition, tels que la résolution, l'exposition, la balance des blancs, ainsi que la correction des pixels défectueux. Avant chaque série de prises de vue, une calibration a été réalisée à l'aide d'un micromètre afin d'établir une échelle précise, garantissant la fiabilité des mesures morphométriques.

Les otolithes ont été positionnés sur la platine de la loupe, avec une orientation bien définie selon Tuset *et al.*, (2008), ils sont orientés sur leur face interne (médiale/proximale), avec le bord dorsal vers le haut de l'image, puis photographiés au grossissement $\times 20$. La prévisualisation en temps réel a permis d'ajuster les images pour bien faire apparaître les structures diagnostiques, notamment le sulcus acusticus, le rostrum et l'antirostrum. Cette méthode a pour objectif la production d'images nettes, homogènes et standardisées, pour élaborer un atlas de référence.



Figure 2.1 : loupe binoculaire numérique utilisée pour l'imagerie des otolithes.

3.2 Traitement des images numériques

Dans le cadre de l'analyse morphométrique des otolithes, un protocole méthodologique structuré a été mis en œuvre afin d'assurer la standardisation des images et la fiabilité des mesures quantitatives. Ce protocole repose sur trois grandes étapes successives : le traitement initial, la binarisation, et le calcul des indices morphologiques à l'aide de logiciels spécialisés (Fig.2.2).

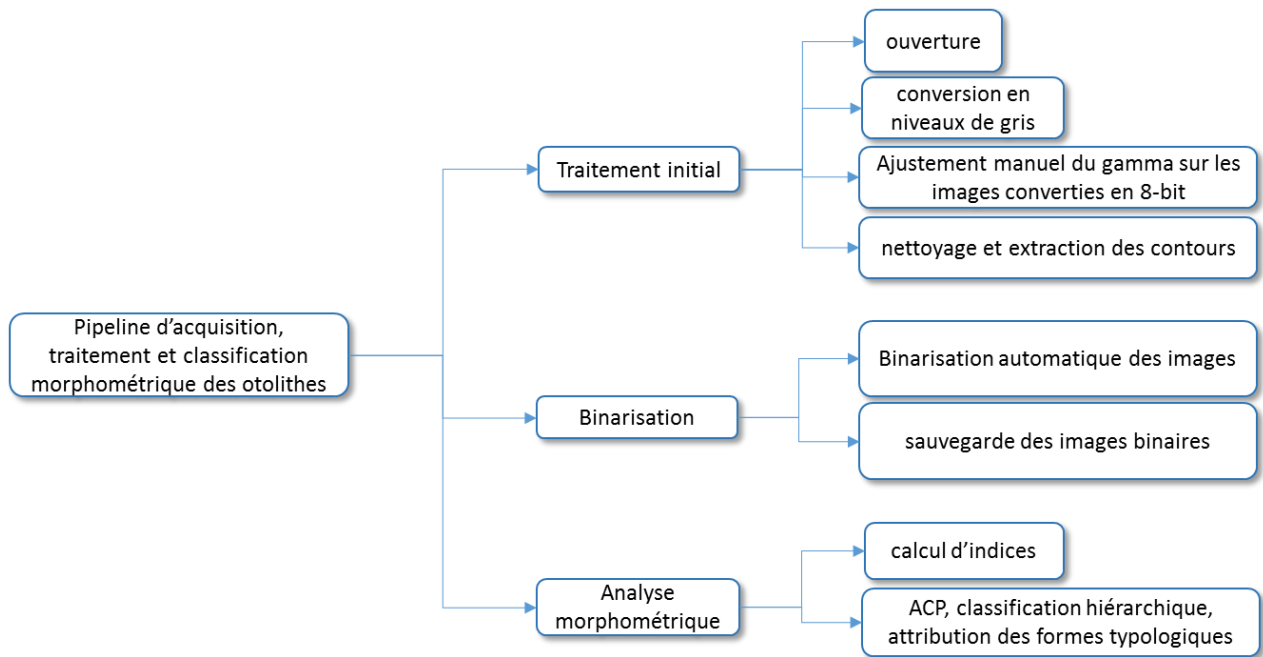


Figure 2.2 : schéma du processus de traitement des images numérique des otolithes

3.2.1 Traitement initial des images

Les photographies numériques des otolithes, obtenues sous loupe binoculaire, ont d'abord été importées dans un environnement de traitement d'image. Les images ont été converties en niveaux de gris (8-bit) pour réduire la complexité visuelle et faciliter les étapes suivantes sans perte significative d'information structurelle (Kuhl et Giardina, 1982). Un ajustement manuel de la correction gamma a ensuite été appliqué afin d'uniformiser le contraste et compenser les variations d'exposition lumineuse, améliorant ainsi la détection des bords.

Des opérations de nettoyage ont permis de supprimer les bruits de fond et de renforcer les contours, assurant une délimitation nette des structures otolithiques. Ces opérations ont été réalisées à l'aide de logiciels d'analyses d'images tels qu'ImageJ (Schneider *et al.*, 2012), qui permettent d'affiner la manipulation de leurs paramètres.

3.2.2 Binarisation

La binarisation automatique a été appliquée sur les images prétraitées, afin de convertir chaque otolithe en une forme noire sur fond blanc, selon une méthode de seuillage optimale (Otsu, 1979). Ce format binaire facilite le calcul des paramètres morphométriques en isolant efficacement le contour de l'objet étudié. Les images obtenues ont ensuite été enregistrées pour constituer une base de données exploitable dans les phases d'analyse quantitative.

3.2.3 Analyse morphométrique

Les contours binarisés des otolithes ont été convertis en objets analytiques à l'aide de l'environnement de programmation R, en utilisant les packages EBImage (Pau *et al.*, 2010), Momocs (Bonhomme *et al.*, 2014) et geomorph (Adams *et al.*, 2021). Dans le but de décrire et de comparer objectivement les formes des otolithes. Nous avons eu recours à des méthodes mathématiques basées sur des paramètres morphométriques mesurés directement sur les images numériques traitées. Ces paramètres incluent la longueur (L) et la largeur (l) de l'otolithe, à partir desquelles des rapports de forme ont été calculés, tels que le rapport L/l, permettant ainsi d'évaluer l'allongement de l'otolithe.

3.2.4 Test de Wilcoxon–Mann–Whitney appliqué à la discrimination régionale

Le test de Wilcoxon–Mann–Whitney (souvent abrégé en test de Mann–Whitney U) est un test statistique non paramétrique, utilisé pour comparer deux échantillons indépendants, afin de déterminer s'ils proviennent de la même population. Il est particulièrement adapté lorsque les conditions de normalité ne sont pas respectées, ce qui est fréquent dans les jeux de données biologiques.

Contrairement aux tests paramétriques comme le t-test, il se base sur le classement (rangs) des valeurs plutôt que sur leurs moyennes (Mann et Whitney, 1947).

Dans notre étude, le test de Wilcoxon–Mann–Whitney a été appliqué pour évaluer la discrimination morphométrique interrégionale des otolithes de deux espèces : *Hoplostethus mediterraneus* et *Epigonus denticulatus*. Ce test a été réalisé séparément pour chaque paramètre morphométrique mesuré (surface, longueur, largeur, périmètre et circularité), sur les deux faces (extérieure droite et intérieure gauche) des otolithes, en comparant les échantillons issus des différentes régions.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

1. Inventaire spécifique des poissons issus des rejets de pêche

L'étude des rejets de pêche a permis d'identifier une diversité faunistique appartenant à plusieurs embranchements du règne animal. Les observations ont mis en évidence la présence de représentants des Porifera (éponges), des Crustacea (principalement des décapodes), des Mollusca (bivalves, céphalopodes et gastéropodes), ainsi que des Cnidaria et des Echinodermata. Parmi l'ensemble des taxons recensés, les Gnathostomata se sont révélés majoritaires, regroupant deux classes remarquablement bien représentées : les Chondrichthyens et les Osteichthyens.

Une diversité taxonomique marquée a été observée au sein des Chondrichthyens, reflétant la richesse spécifique de ce groupe dans les rejets de pêche. Les familles identifiées comprennent notamment les Centrophoridae, Chimaeridae, Dalatiidae, Etmopteridae, Hexanchidae, Pentanchidae, Rajidae, Scyliorhinidae, Squalidae et Torpedinidae, et la présence d'un représentant des Petromyzontidae, appartenant aux agnathes.

Chez les Osteichthyens, une grande diversité a été observée, avec un total de 45 familles recensées.

- Ordre : Acanthuriformes

Famille : Caproidae

***Capros aper* (Linnaeus, 1758)**

- Ordre : Acropomatiformes

Famille : Epigonidae

***Epigonus constanciae* (Giglioli, 1880)**

***Epigonus denticulatus* Dieuzeide, 1950**

- Ordre : Anguilliformes

Famille : Congridae

***Conger conger* (Linnaeus, 1758)**

Famille : Ophichthidae

***Echelus myrus* (Linnaeus, 1758)**

***Ophisurus serpens* (Linnaeus, 1758)**

- Ordre : Argentiniformes

Famille : Argentinidae

***Argentina sphyraena* (Linnaeus, 1758)**

***Glossanodon leioglossus* (Valenciennes, 1848)**

- Ordre : Aulopiformes

Famille : Chlorophthalmidae

***Chlorophthalmus agassizi* Bonaparte, 1840**

- Ordre : Beloniformes

Famille : Belonidae

***Belone belone* (Linnaeus, 1760)**

***Tylosurus acus* (Lacepède, 1803)**

- Ordre : Blenniiformes

Famille : Blenniidae

***Blennius ocellaris* (Linnaeus, 1758)**

***Parablennius sanguinolentus* (Pallas, 1814)**

- Ordre : Carangaria incertae sedis

Famille : Sphyraenidae

***Sphyraena sphyraena* (Linnaeus, 1758)**

***Sphyraena viridensis* Cuvier, 1829**

- Ordre : Carangiformes

Famille : Carangidae

***Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)**

***Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825)**

***Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758)**

- Ordre : Clupeiformes

Famille : Clupeidae

***Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)**

***Sardinella aurita* Valenciennes, 1847**

Famille : Engraulidae
***Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)**
• Ordre : Dactylopteriformes
Famille : Dactylopteridae
***Dactylopterus volitans* (Linnaeus, 1758)**
• Ordre : Eupercaria incertae sedis
Famille : Callanthiidae
***Callanthias ruber* (Rafinesque, 1810)**
Famille : Cepolidae
***Cepola macrophthalma* (Linnaeus, 1758)**
Famille : Haemulidae
***Pomadasys incisus* (Bowdich, 1825)**
Famille : Sparidae
***Boops boops* (Linnaeus, 1758)**
***Diplodus annularis* (Linnaeus, 1758)**
***Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758)**
***D. vulgaris* (Geoffroy St-Hilaire, 1817)**
***Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758)**
***Pagellus acarne* (Risso, 1827)**
***Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)**
***Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758)**
***Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758)**
***Sparus aurata* Linnaeus, 1758**
***Spicara maena* (Linnaeus, 1758)**
***Spicara smaris* (Linnaeus, 1758)**
• Ordre : Gadiformes
Famille : Gadidae
***Gadiculus argenteus* Guichenot, 1850**
Famille : Macrouridae
***Nezumia aequalis* (Günther, 1878)**
***Coelorinchus caelorhincus* (Risso, 1810)**
***Trachyrincus scabrus* (Rafinesque, 1810)**
Famille : Moridae
***Gadella maraldi* (Risso, 1810)**
Famille : Gobiidae

***Lesueurigobius friesii* (Malm, 1874)**
***Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)**
• Ordre : Kurtiformes
Famille : Anthiadidae
***Anthias anthias* (Linnaeus, 1758)**
Famille : Apogonidae
***Apogon imberbis* (Linnaeus, 1758)**
• Ordre : Lophiiformes
Famille : Lophiidae
***Lophius budegassa* Spinola, 1807**
***Lophius piscatorius* Linnaeus, 1758**
• Ordre : Mulliformes
Famille : Mullidae
***Mullus barbatus* Linnaeus, 1758**
***Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758**
• Ordre : Myctophiformes
Famille : Myctophidae
***Lampanyctus crocodilus* (Risso, 1810)**
***Myctophum punctatum* Rafinesque, 1810**
***Notoscopelus elongatus* (Costa, 1844)**
• Ordre : Ophidiiformes
Famille : Ophidiidae
***Ophidion barbatum* Linnaeus, 1758**
• Ordre : Perciformes
Famille : Epinephelidae
***Epinephelus caninus* (Valenciennes, 1843)**
Famille : Peristediidae
***Peristedion cataphractum* (Linnaeus, 1758)**
Famille : Scorpaenidae
***Scorpaena elongata* Cadenat, 1943**
***Scorpaena loppei* Cadenat, 1943**
***Scorpaena notata* Rafinesque, 1810**
***Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758**
***Scorpaena scrofa* Linnaeus, 1758**

Famille : Sebastidae

Helicolenus dactylopterus (Delaroche, 1809)

Famille : Serranidae

Serranus cabrilla (Linnaeus, 1758)

Serranus hepatus (Linnaeus, 1758)

Serranus scriba (Linnaeus, 1758)

Famille : Trachinidae

Trachinus araneus Cuvier, 1829

Trachinus draco Linnaeus, 1758

Famille : Trichiuridae

Lepidopus caudatus (Euphrasen, 1788)

Famille : Triglidae

Chelidonichthys cuculus (Linnaeus, 1758)

C. obscurus (Walbaum, 1792)

Lepidotrigla cavillone (Lacepède, 1801)

L. dieuzeidei Blanc et Hureau, 1973

Chelidonichthys lucerna (Linnaeus, 1758)

Trigla lyra Linnaeus, 1758

Famille : Uranoscopidae

Uranoscopus scaber Linnaeus, 1758

- Ordre : Pleuronectiformes

Famille : Bothidae

Arnoglossus imperialis (Rafinesque, 1810)

Arnoglossus laterna (Walbaum, 1792)

Arnoglossus rueppelii (Cocco, 1844)

Bothus podas (Delaroche, 1809)

Famille : Cynoglossidae

Symphurus nigrescens Rafinesque, 1810

Famille : Soleidae

Microchirus ocellatus (Linnaeus, 1758)

Microchirus variegatus (Donovan, 1808)

Solea solea (Linnaeus, 1758)

- Ordre : Stomiiformes

Famille : Stomiidae

Stomias boa (Risso, 1810)

- Ordre : Syngnathiformes

Famille : Centriscidae

Macroramphosus scolopax (L., 1758)

Macroramphosus gracilis (Lowe, 1839)

Famille : Syngnathidae

Hippocampus guttulatus Cuvier, 1829

Hippocampus hippocampus (L., 1758)

Syngnathus typhle Linnaeus, 1758

- Ordre : Tetraodontiformes

Famille : Molidae

Mola mola (Linnaeus, 1758)

- Ordre : Trachichthyiformes

Famille : Trachichthyidae

Hoplostethus mediterraneus (Cuvier, 1829)

- Ordre : Zeiformes

Famille : Zeidae

Zeus faber Linnaeus, 1758

- **Discussion**

Les rejets de pêche analysés sur trois régions clés du littoral algérien (Est, Centre, Ouest) témoignent d'une diversité taxonomique non négligeable, englobant un large éventail d'espèces mésodémersales, bathypélagiques et benthiques profondes. Cette richesse biologique, répartie sur un gradient bathymétrique de 5 à plus de 1500 mètres, met en évidence la complexité des écosystèmes exploités et les interactions entre les activités halieutiques et les habitats marins profonds.

L'analyse de la richesse spécifique par région révèle une variation marquée entre les trois régions, avec 38 espèces recensées à Est, 42 espèces au Centre et 71 espèces à l'Ouest.

Cette distribution est probablement liée à la configuration géomorphologique des fonds, aux pratiques de pêche spécifiques à chaque région et à l'effort de pêche local.

- **Région Est**

À Annaba, les espèces dominantes dans les rejets sont *Coelorhynchus caelorhynchus*, *Epigonus denticulatus*, *Hoplostethus mediterraneus* et *Lepidotrigla cavillone*. Elles sont caractéristiques des fonds profonds de la pente continentale.

Leur présence dans les rejets indique une activité de chalutage ciblant ou affectant les strates profondes (200–1000 m), souvent avec une faible sélectivité (Massuti *et al.*, 1995 ; D'Onghia *et al.*, 2004).

- **Région Centre**

Bouharoun présente une composition légèrement différente, dominée par *Hoplostethus mediterraneus*, *Macroramphosus scolopax* et *Epigonus denticulatus*. Cette assemblage témoigne de l'exploitation de zones intermédiaires à profondes (100–600 m), avec une part importante d'espèces benthopélagiques (Whitehead *et al.*, 1986). La richesse spécifique (42 espèces) s'explique par la diversité des micro-habitats et la structure des substrats.

- **Région Ouest**

Ghazaouet, avec 71 espèces, est la région la plus riche en termes de biodiversité spécifique. Cette richesse reflète une grande hétérogénéité bathymétrique et des zones de transition entre plateau, pente et grands fonds. Les espèces dominantes sont *Lampanyctus crocodilus* et *Capros aper*, toutes deux associées aux zones mésopélagiques à bathydémersales (Goode *et al.*, 1989 ; Colloca *et al.*, 2003). Leur abondance dans les rejets peut résulter d'une exploitation nocturne ou de l'effet d'engins de pêche peu sélectifs, touchant des espèces non ciblées.

D'un point de vue générale, la présence dominante de l'espèce *Hoplostethus mediterraneus* pourrait révéler un rôle écologique. C'est un poisson méso- à bathydemersal de la famille des Trachichthyidae, présent entre 100 et 1000 m de profondeur, préférant les fonds vaseux ou sablo-vaseux (FAO, 2002 ; Froese et Pauly, 2025). Sur le plan trophique, c'est un prédateur opportuniste se nourrissant principalement de macrozooplancton, de petits crustacés benthiques (comme les amphipodes et isopodes) ainsi que de larves de poissons (Mauchline et Gordon, 1984 ; Cartes et Carrassón, 2004). Sa position intermédiaire dans la chaîne trophique, entre les niveaux secondaires et tertiaires, en fait un maillon essentiel dans le transfert d'énergie vers les prédateurs supérieurs, notamment les poissons démersaux et certains céphalopodes.

Sa forte abondance dans les rejets peut être interprétée comme indicateur de la pression de pêche en zones profondes. En effet, l'espèce est souvent capturée accessoirement dans les chaluts visant des espèces commerciales profondes telles que *Merluccius merluccius* ou *Phycis blennoides* (Morato *et al.*, 2001 ; Politou *et al.*, 2003). Cette situation reflète une expansion de la pêche vers des habitats bathyaux, souvent en réponse à la surexploitation des zones côtières, comme il a été observé dans d'autres régions méditerranéennes (FAO, 2020 ; Tsagarakis *et al.*, 2014).

Par ailleurs, plusieurs études considèrent *H. mediterraneus* comme un bioindicateur potentiel de l'état écologique des communautés profondes, en raison de sa sensibilité aux perturbations benthiques et à l'eutrophisation de la colonne d'eau (Cartes *et al.*, 2009). Sa présence pourrait ainsi refléter des modifications structurelles des communautés profondes induites par des pressions anthropiques telles que la pêche de fond et la pollution marine.

Quant à *Epigonus denticulatus*, l'espèce est bathydemersale vivant entre 200 et 800 m de profondeur, largement répartie en Méditerranée et dans l'Atlantique Est (FAO, 2002 ; Froese et Pauly, 2025). Sa forte représentation dans les rejets de pêche constatée à Annaba et Bouharoun reflète son abondance dans les habitats profonds ciblés indirectement par chaluts. Sur le plan trophique, cette espèce agit comme un prédateur intermédiaire à supérieur, se nourrissant principalement de crustacés benthiques, de petits poissons et de céphalopodes, jouant ainsi un rôle essentiel dans le transfert d'énergie vers les grands prédateurs démersaux (Mauchline et Gordon, 1983 ; Cartes *et al.*, 2004).

La fréquence élevée d'*E. denticulatus* dans les rejets peut également traduire une intensification de l'exploitation des zones profondes, au-delà du plateau continental, phénomène observé dans diverses régions méditerranéennes (Politou *et al.*, 2003 ; Tsagarakis *et al.*, 2014). Par ailleurs, l'espèce est caractérisée par une croissance lente et une longévité élevée, et est reconnues comme particulièrement sensibles à la surexploitation et aux pressions anthropiques (Koslow *et al.*, 2000 ; Morato *et al.*, 2006). Ainsi, sa forte présence dans les discards pourrait constituer un indicateur d'alerte écologique, signalant la vulnérabilité des communautés benthiques profondes.

Le grenadier *Coelorinchus caelorhincus* est espèce benthobathydemersale de la famille des Macrouridae, fréquemment observée entre 200 et 1200 m de profondeur en Méditerranée (FAO, 2002 ; Froese et Pauly, 2025). Sa forte présence dans les rejets d'Annaba et de Bouharoun témoigne de son abondance dans les habitats profonds ciblés par la pêche démersale. Sur le plan trophique, cette espèce joue un rôle écologique important en tant que prédateur de niveau intermédiaire à supérieur, se nourrissant de crustacés benthiques, de polychètes, de petits poissons et de céphalopodes (Carrassón *et al.*, 1997 ; Cartes et Carrassón, 2004).

Elle participe ainsi activement au transfert d'énergie entre les organismes benthiques et les prédateurs supérieurs. Son abondance non négligeable dans les rejets peut s'expliquer comme indicateur de l'intensification de l'effort de pêche vers des zones profondes, en réponse à la surexploitation des stocks côtiers (Politou *et al.*, 2003 ; Tsagarakis *et al.*, 2014). Elle pourrait également refléter une modification des structures communautaires benthiques sous l'effet croissant des pressions anthropiques (Morato *et al.*, 2006 ; Koslow *et al.*, 2000).

2. Atlas thématiques des otolithes : otolithes sous différents angles

2.1. Atlas des sillons otolithiques

Le positionnement du sillon ostéologique (*sulcus acusticus*) par rapport à la médiane de l'otolithe (Pl.3.1 et 3.2) constitue un critère important de diagnostic dans l'étude des otolithes, permettant de distinguer des tendances morpho-anatomiques liées à l'écologie, au comportement et à la phylogénie des poissons téléostéens (Tuset *et al.*, 2008 ; Lombarte *et al.*, 2018).

Chez plusieurs espèces recensées telles *Synodus saurus*, *Anthias anthias*, *Belone belone*, *Diplodus annularis*, *Echelus myrus*, *Epigonus denticulatus*, *Spicara maena*, *Lepidotrigla dieuzeidei*, *Lesueurigobius friesii*, *Lampanyctus crocodilus*, *Serranus hepatus* et *Parablennius sanguinolentus*, le sulcus se situe au niveau de la médiane, traduisant une disposition équilibrée qui peut refléter une transmission symétrique des ondes sonores, un caractère souvent associé à des espèces démersales ou mésopélagiques généralistes (Assis, 2005).

Chez les espèces telles que *Chelidonichthys obscurus*, *Coelorinchus caelorhincus*, *Chlorophthalmus agassizii*, *Gobius niger*, *Ophidion barbatum*, *Pagellus bogaraveo*, *Lepidotrigla cavillone*, *Trachinus draco*, *Capros aper* et *Serranus scriba*, le sulcus est en position supramédiane, ce qui est souvent observé chez des espèces benthiques ou néritiques qui exploitent davantage les signaux venant du substrat. Ce positionnement peut favoriser la sensibilité aux basses fréquences et améliorer la perception des vibrations du fond (Mahe *et al.*, 2012 ; Lombarte et Cruz, 2007).

En revanche, chez des espèces typiquement bath démersales comme *Hoplostethus mediterraneus*, *Gadella maraldi* et *Nezumia aequalis*, le sillon est en position inframédiane. Cette configuration moins fréquente pourrait refléter des ajustements morpho-fonctionnels spécifiques aux habitats profonds, où la propagation sonore est affectée par la pression, la température et l'absence de lumière (Lombarte *et al.*, 2010). Ainsi, la variabilité de l'emplacement du sulcus permet d'appuyer les distinctions écologiques entre espèces, et représente un critère complémentaire utile dans la taxonomie otolithique régionale.

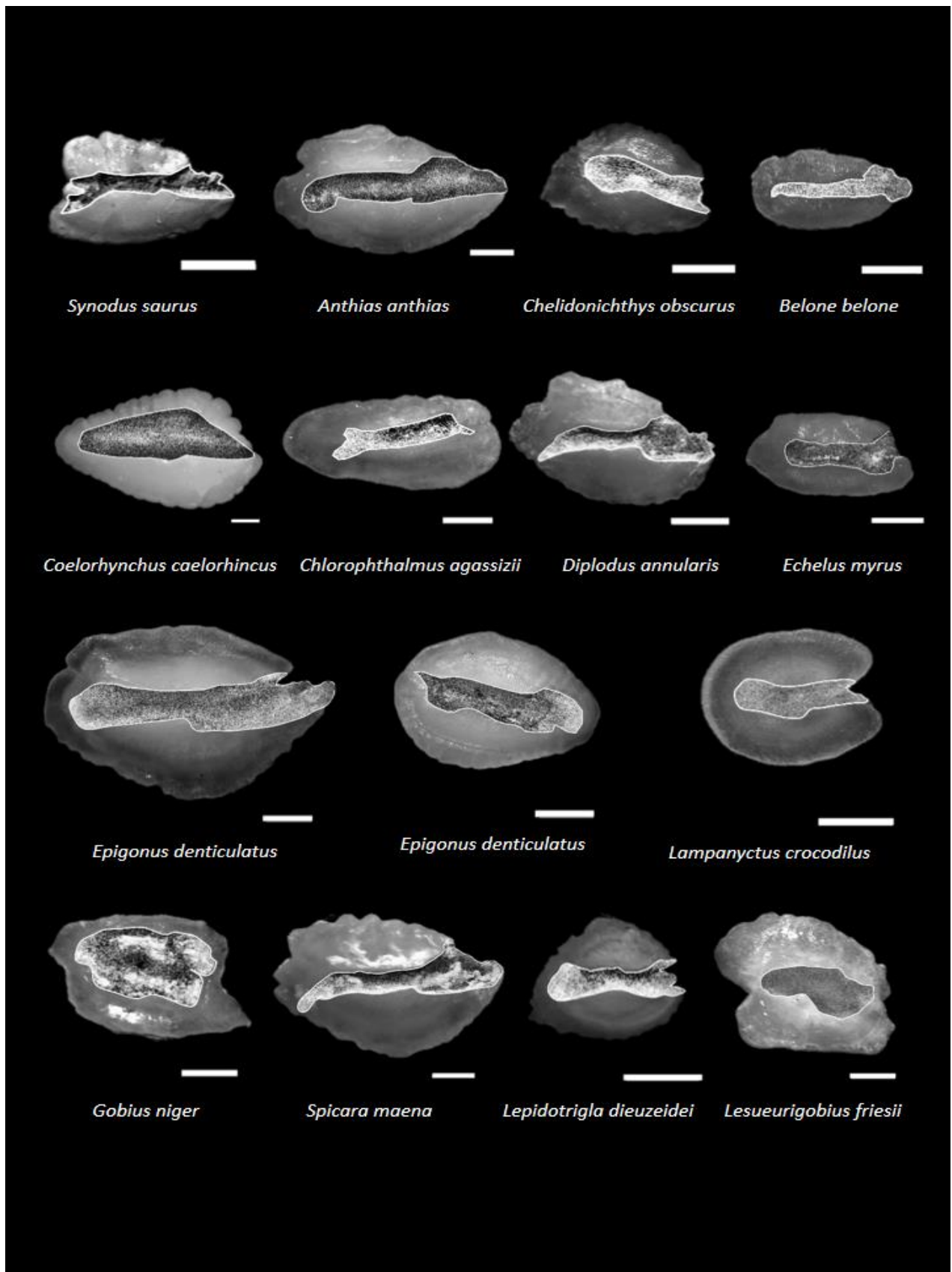


Planche 3.1 : classification des otolithes selon le type de sillon
(échelle = 1 mm)

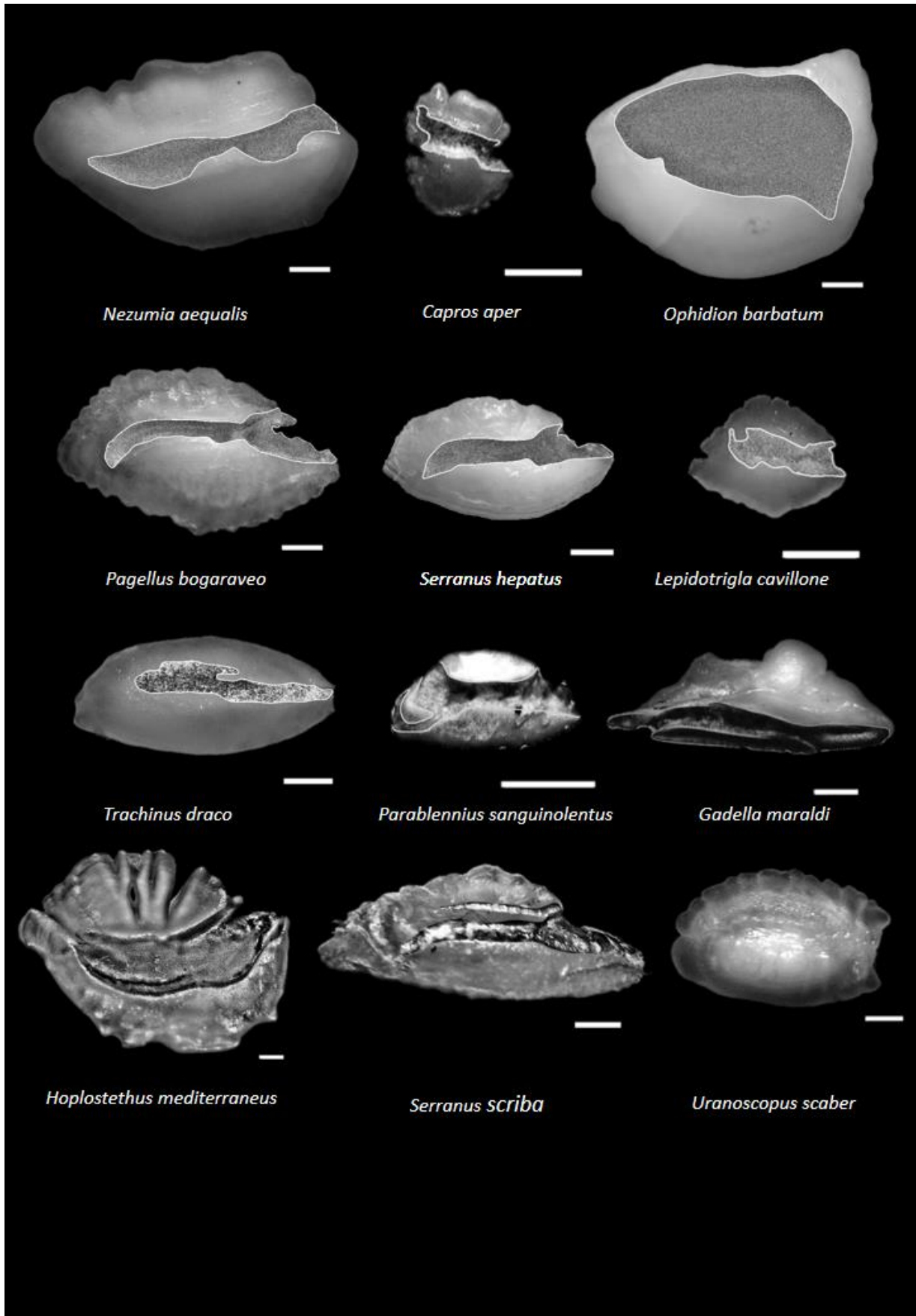


Planche 3.2 : classification des otolithes selon le type de sillon (suite).
(échelle =1 mm)

Au-delà de la position du *sulcus acusticus*, l'état d'ouverture ou de fermeture de ce dernier constitue un critère morphofonctionnel important. Dans l'échantillonnage des otolithes récoltés, la majorité des espèces analysées présentent un sillon ouvert, ce qui est commun chez de nombreux téléostéens démersaux ou pélagiques. Un sillon ouvert permet généralement un contact direct entre l'endolymphe et les macules sensorielles, favorisant la détection des vibrations dans des milieux ouverts ou semi-pélagiques (Tuset *et al.*, 2008 ; Lombarte et Cruz, 2007).

Cependant, plusieurs espèces présentent un sillon fermé ou partiellement fermé, notamment *Coelorinchus caelorhincus*, *Chlorophthalmus agassizii*, *Epigonus denticulatus* (individu de 8,9 cm), *Gobius niger*, *Lesueurigobius friesii*, et *Ophidion barbatum*. Cette fermeture du sulcus, plus rare, est souvent interprétée comme une adaptation écologique à des conditions environnementales spécifiques telles que des habitats profonds, benthiques ou turbides, dans lesquels une protection accrue du capteur sensoriel contre les sédiments est nécessaire (Assis, 2005 ; Mahe *et al.*, 2012).

Dans le cas des gobiidés et ophidiidés, espèces associées à des comportements cryptiques, fouisseurs ou vivant à proximité du substrat, le sulcus fermé pourrait refléter une stratégie morphologique visant à limiter les interférences mécaniques dues aux particules en suspension ou au contact avec le fond (Gagliano et McCormick, 2004 ; Lombarte *et al.*, 2010).

2.2. Atlas otolithique selon la diversité morphologique intra et interspécifique

L'analyse morphologique des otolithes a été menée de manière descriptive et subjective, en se basant sur l'examen visuel des contours et des formes générales, et en considérant deux niveaux de variation : intraspécifique, entre individus d'une même espèce, et interspécifique, entre espèces d'un même genre ou de familles apparentées.

2.2.1. Variabilité intraspécifique

Chez *Epigonus denticulatus* (Epigonidae), les 63 individus analysés présentent majoritairement des otolithes de forme elliptique. Toutefois, une exception est relevée chez un individu de petite taille (9,3 cm), dont la forme est plus allongée, suggérant une possible influence de la taille ou du stade de développement sur la morphologie de l'otolithe (Pl.3.4). Un cas similaire est observé chez *Echelus myrus* (Ophichthidae), dont les otolithes sont généralement trapézoïdaux, mais l'individu de grande taille (33 cm) présente une forme nettement allongée (Pl.3.6). *Anthias anthias* (Anthiidae) possède des otolithes elliptiques, sans variation marquée entre les individus (Pl.3.3). *Hoplostethus mediterraneus* (Trachichthyidae) présente des formes d'otolithes très irrégulières, témoignant d'une grande variabilité intra-espèce (Pl.3.8). *Chelidonichthys obscurus*, *Lepidotrigla cavillone* (Triglidae) et *Lepidotrigla dieuzeidei* présentent des formes majoritairement cycloïdes (Pl.3.9).

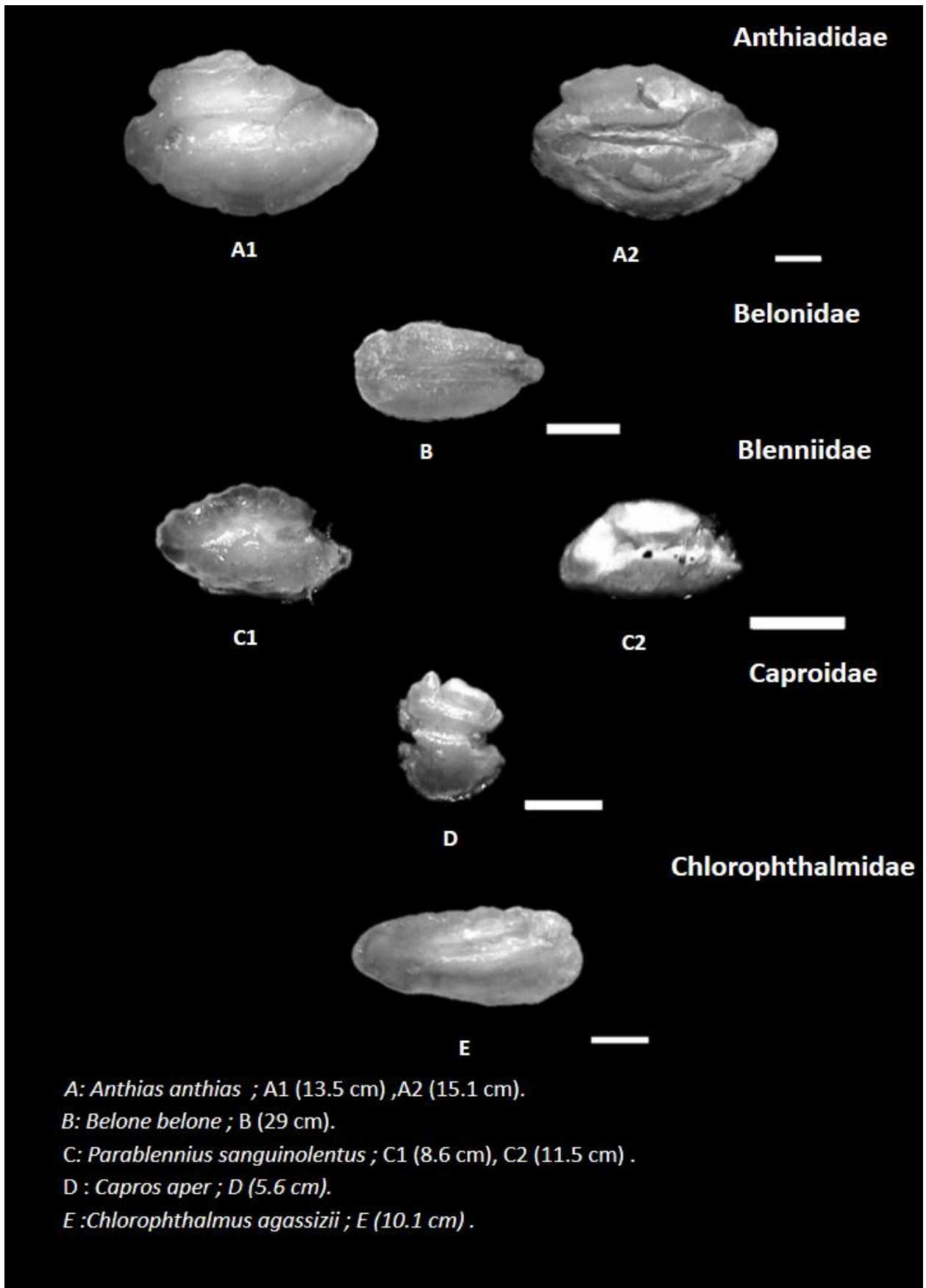


Planche 3.3 : atlas des otolithes et variabilité intra et interspécifique (échelle =1 mm)
(Anthiidae, Belonidae, Blenniidae, Caproidae et Chlorophthalmidae)

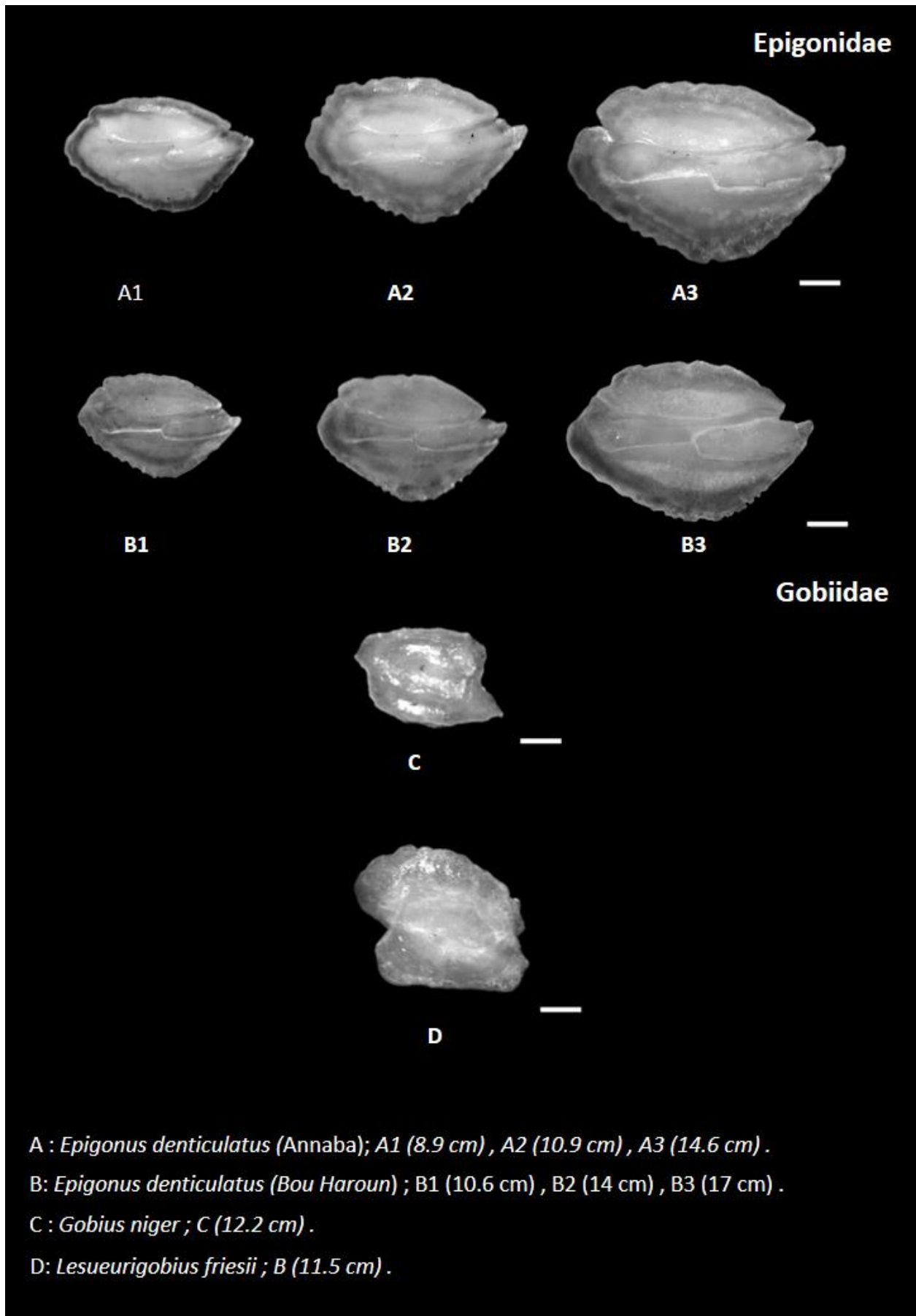


Planche 3.4 : atlas des otolithes et variabilité intra et interspécifique (échelle =1 mm)
(Epigonidae, Gobiidae)

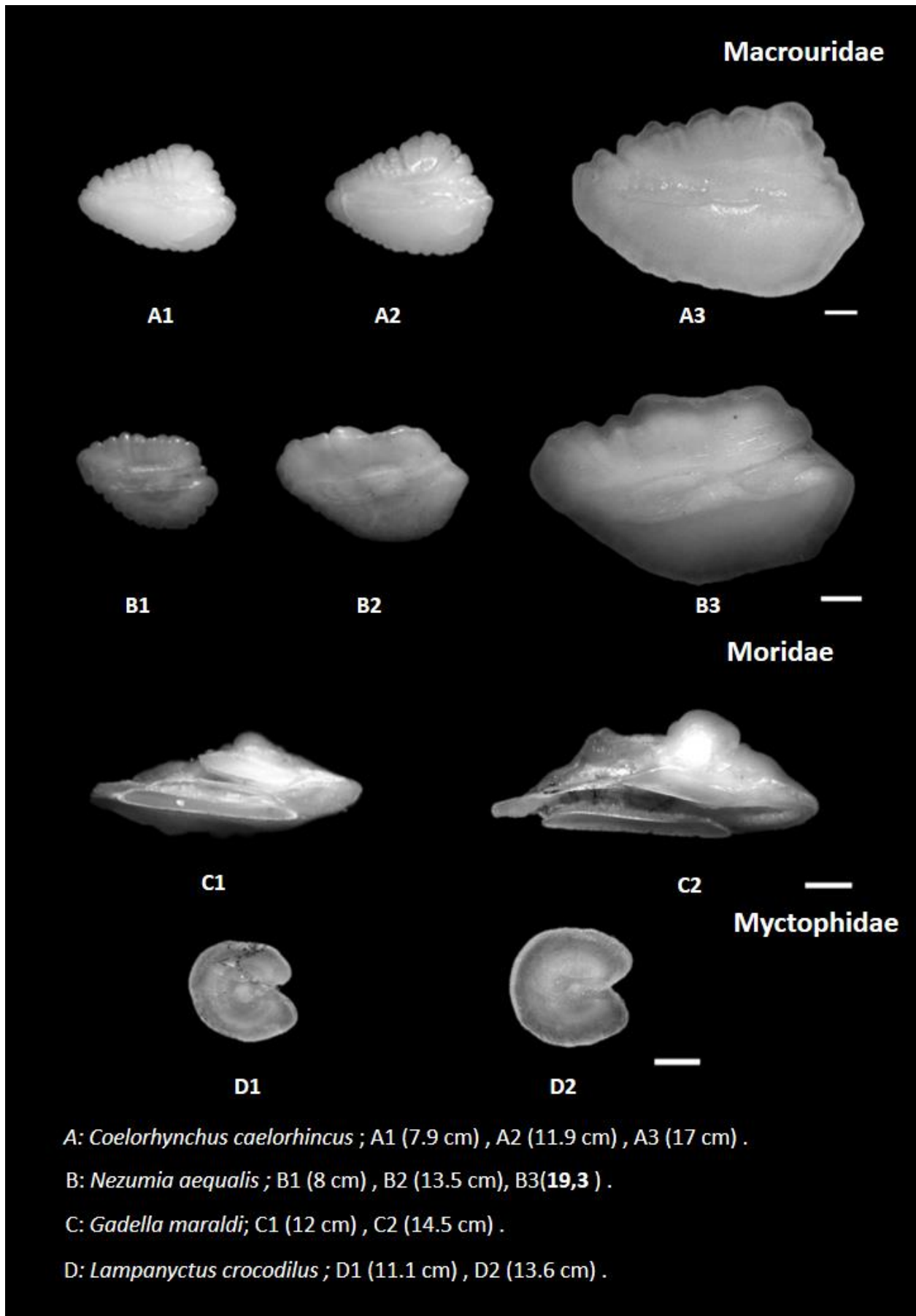


Planche 3.5 : atlas des otolithes et variabilité intra et interspécifique (échelle =1 mm)
 (Macrouridae, Moridae, Myctophidae)

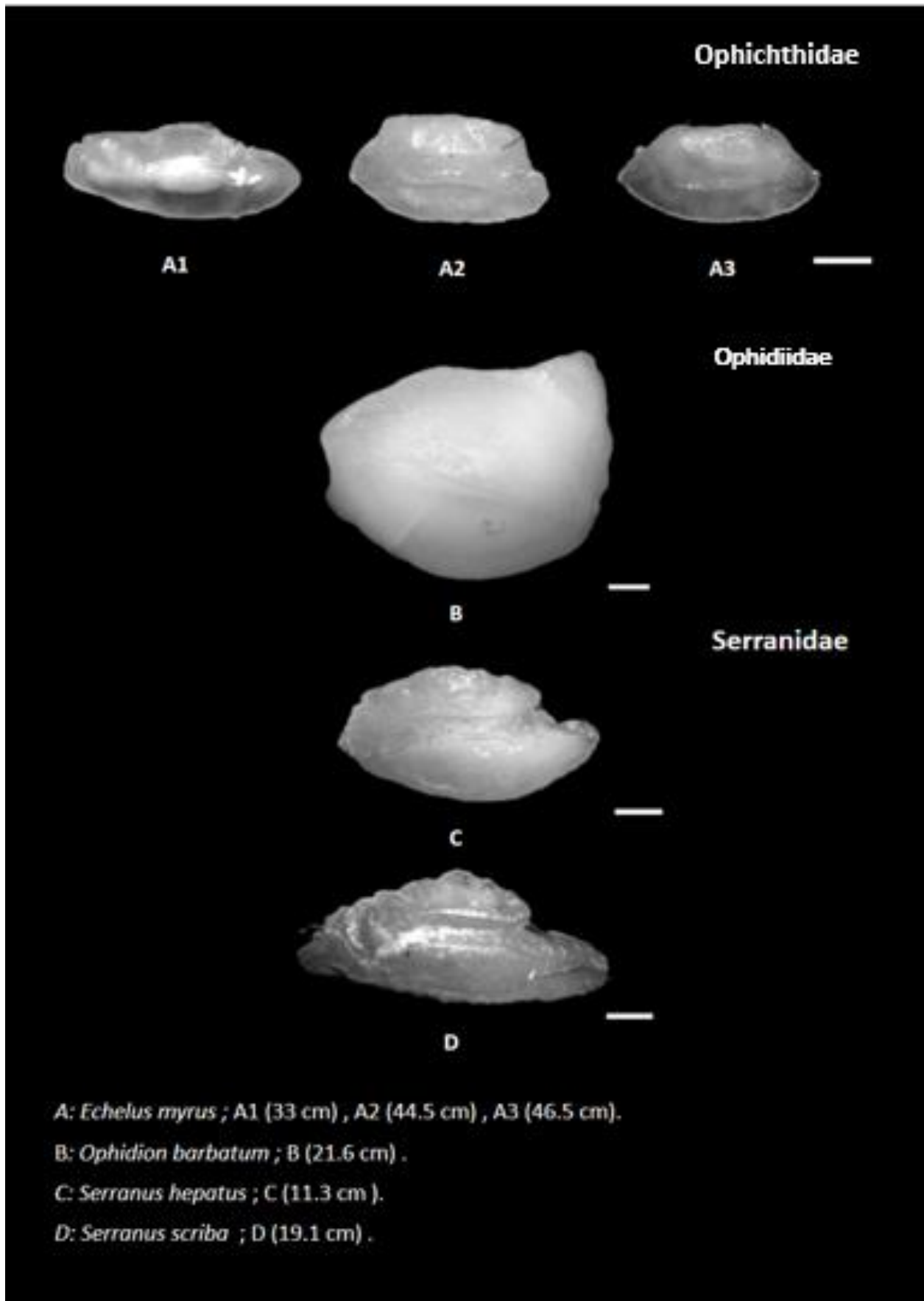


Planche 3.6 : atlas des otolithes et variabilité intra et interspécifique (échelle =1 mm)
(Ophichthidae, Ophidiidae, Serranidae)

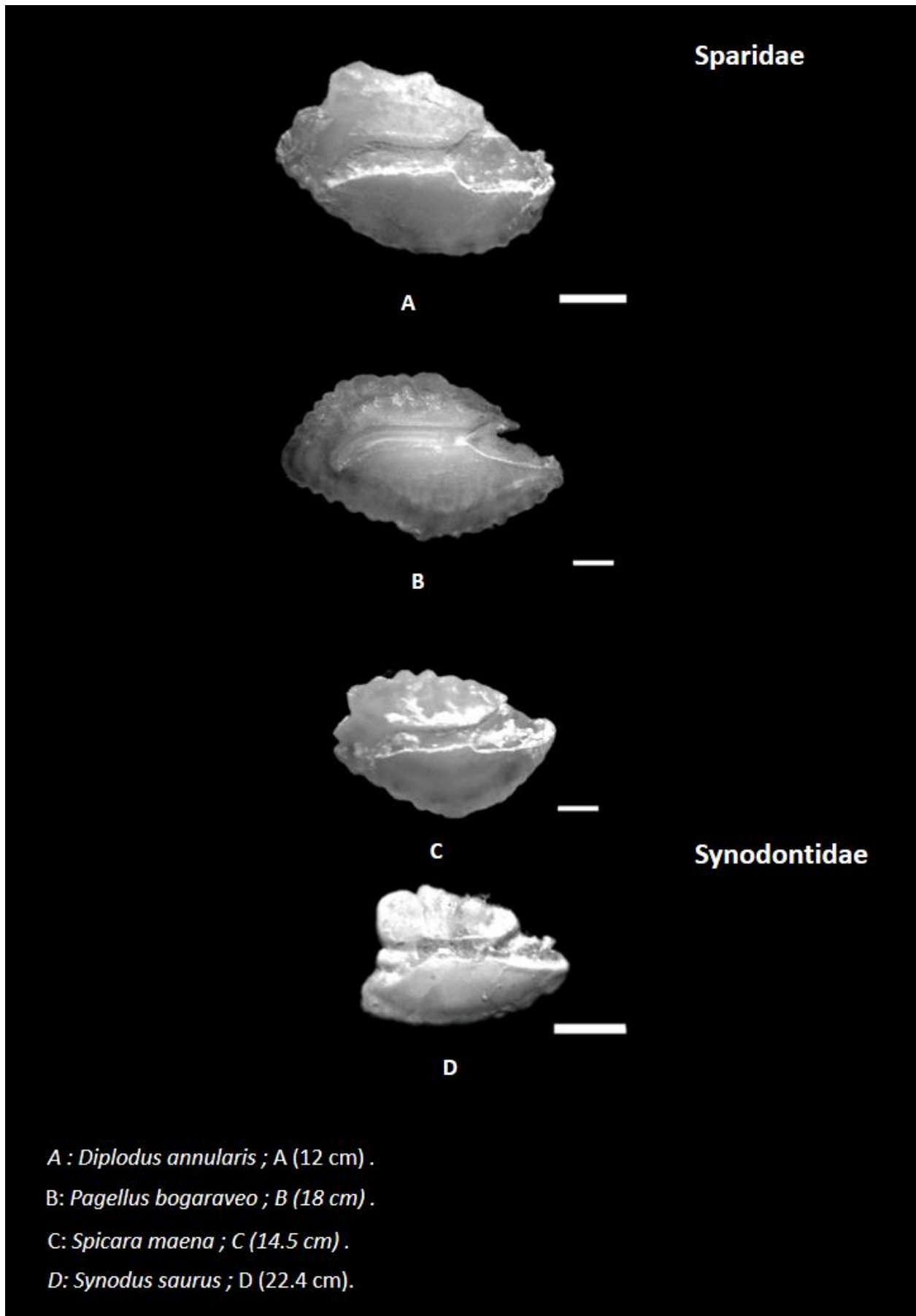


Planche 3.7 : atlas des otolithes et variabilité interspécifique (échelle =1 mm)
(Sparidae, Synodontidae)

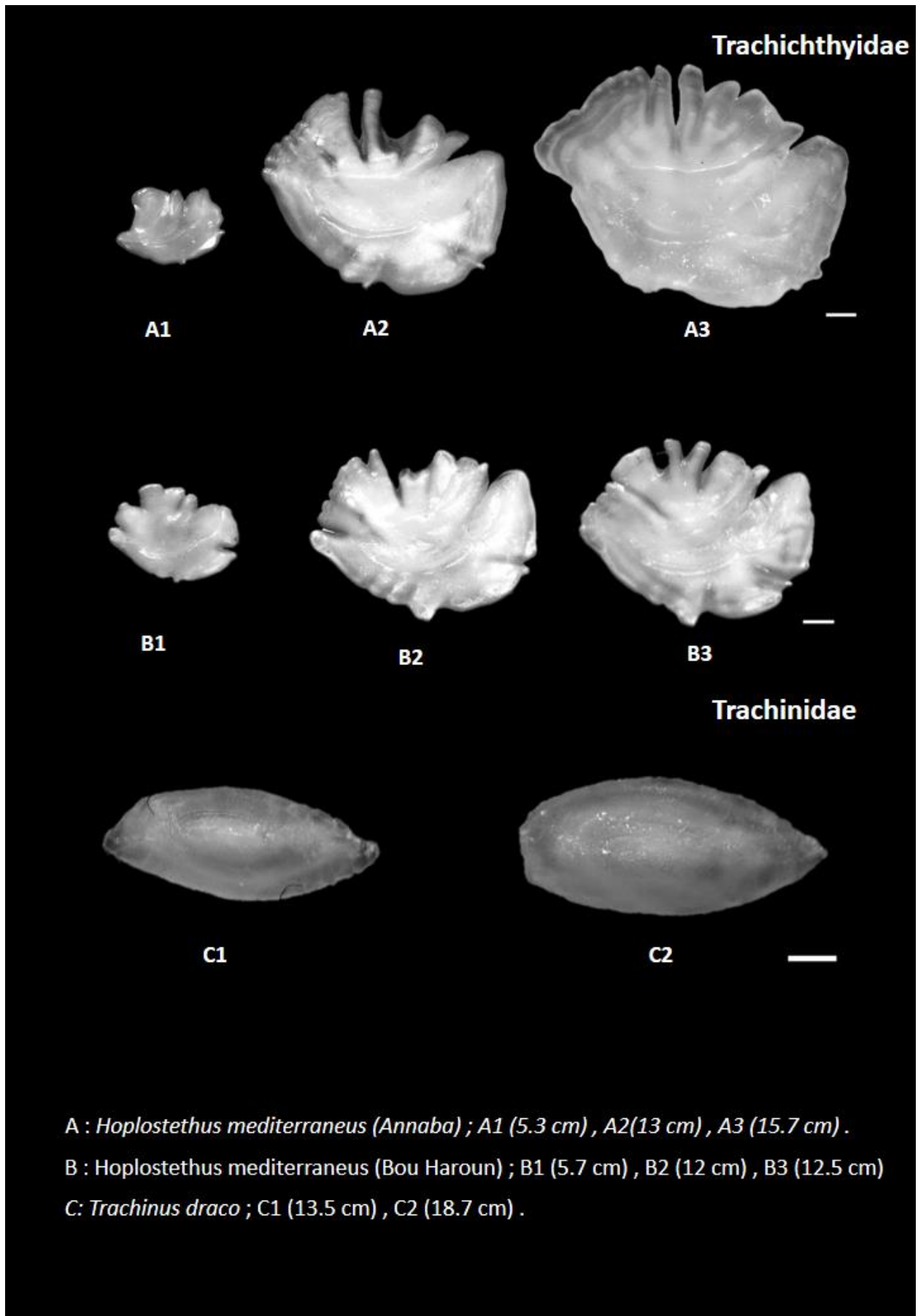


Planche 3.8 : atlas des otolithes et variabilité intra et interspécifique (échelle =1 mm)
(Trachichthyidae, Trachinidae)

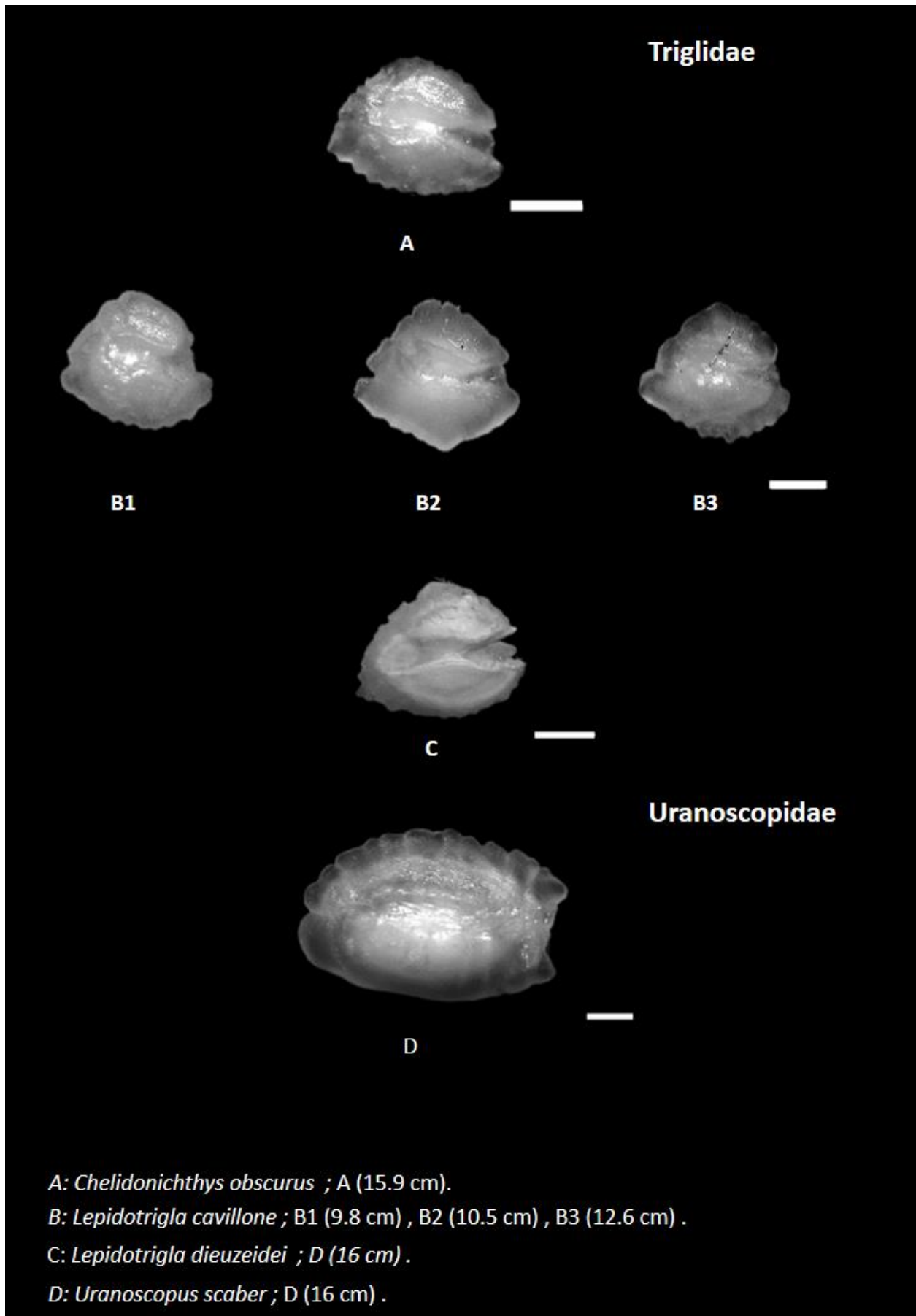


Planche 3.9 : atlas des otolithes et variabilité intra et interspécifique (échelle =1 mm)
(Triglidae, Uranoscopidae)

2.2.2. Variabilité interspécifique

Cette approche met en évidence les variabilités morphologiques des otolithes entre les espèces de même niveau taxonomique, soit issues du même genre ou appartenant à différents genres représentant la même famille, ou entre les différentes familles comme suit.

Belone belone (Belonidae) présente une forme d'otolithe elliptique (Pl.3.3). Chez *Parablennius sanguinolentus* (Blenniidae), les otolithes ont une morphologie triangulaire bien marquée (Pl.3.3) ; *Capros aper* (Caproidae) se distinguent par des otolithes ovale (Pl.3.3). *Chlorophthalmus agassizii* (Chlorophthalmidae) présente une forme allongée (Pl.3.3). *Gobius niger* (Gobiidae) montre des otolithes à contours presque carrés, tandis que *Lesueurigobius friesii* révèle une forme circulaire, traduisant une différenciation nette au sein de la famille (Pl.3.4).

Coelorhynchus caelorhincus (Macrouridae) possède des otolithes triangulaires, tandis que *Nezumia aequalis* montre une tendance triangulaire (Pl.3.5).

Gadella maraldi (Moridae) l'otolithe a une forme particulièrement enroulée et allongée (Pl.3.5). Chez *Lampanyctus crocodilus* (Myctophidae), les otolithes sont cycloïdes (Pl.3.5), de même que *Ophidion barbatum* (Ophidiidae) la forme est arrondie à tendance cycloïde (Pl.3.6).

Serranus scriba (Serranidae) présente une forme allongée et large, tandis que *Serranus hepatus* est caractérisé par une forme elliptique (Pl.3.6).

Les espèces de Sparidae *Diplodus annularis*, *Spicara maena* et *Pagellus bogaraveo* montrent toutes des otolithes elliptiques (Pl.3.7).

Synodus saurus (Synodontidae) présente une forme ovale (Pl.3.7).

Trachinus draco (Trachinidae) est caractérisé par des otolithes allongés (Pl.3.8).

Uranoscopus scaber (Uranoscopidae) présente une forme elliptique (Pl.3.9).

Il convient toutefois de souligner que cette première analyse repose sur une appréciation subjective des formes, fondée sur une analyse visuelle, et l'interprétation individuelle des contours otolithiques. Or, cette démarche, bien que pertinente dans un cadre descriptif initial, reste influencée par la perception personnelle de l'observateur, et peut ainsi varier considérablement d'un auteur à un autre (Assis, 2005 ; Lombarte *et al.*, 2010).

Par conséquent, cette interprétation approximative rend l'analyse qualitative insuffisante afin établir des critères de distinction morphologique robustes entre espèces ou familles.

Pour pallier cette limite, et dans le cadre de notre thématique axée sur l'identification et la discrimination spécifique via les otolithes, une approche morphométrique quantitative est envisagée. Celle-ci repose sur l'extraction de descripteurs mesurables (longueur, largeur, circularité, facteur de forme, ...etc.) permettant ainsi une analyse statistique rigoureuse et reproductible, indépendante de l'interprétation visuelle subjective.

2.3. Analyse morphométrique des otolithes

2.3.1. Approche discriminante par les indices géométriques de Tuset *et al.*, (2008)

Dans cette première approche morphométrique, les otolithes ont été analysés à l'aide de plusieurs indices géométriques simples, inspirés des travaux de Tuset *et al.*, (2008), et dérivés des mesures linéaires et surfaciques fondamentales. Les paramètres mesurés incluent : la longueur de l'otolithe (LO), la largeur de l'otolithe (LRO), la surface (S), le périmètre (P), ainsi que deux descripteurs de forme la circularité (C) et la rectangularité (R).

À partir de ces mesures, plusieurs rapports ont été calculés : le rapport longueur / hauteur (RLH), le rapport périmètre / surface (RPS), le rapport surface / longueur (RSL), et le rapport surface / hauteur (RSH). Ces indices permettent une description quantitative des variations de forme des otolithes au sein des espèces considérées.

L'analyse morphométrique des otolithes effectuée dans cette étude repose selon le tableau 3.1 sur l'application de paramètres dérivés des mesures linéaires (longueur, largeur), surfaciques (surface, périmètre) et des rapports géométriques tels que le rapport de circularité (C), le rapport longueur/largeur (RLH), et d'autres indices standards proposés par Tuset *et al.*, (2008). Cette méthode, utilisée pour caractériser la forme des otolithes de façon objective et reproductible, qui permet de discriminer les espèces de poissons.

Les seuils de classification des otolithes adoptés reposent sur une traduction quantitative des formes typologiques décrites qualitativement par Tuset *et al.*, (2008) dans leur Atlas des otolithes. Afin d'automatiser cette typologie, deux indices morphométriques clés ont été utilisés : la circularité (C) et le rapport longueur/largeur (RLH).

Les otolithes ayant une circularité $> 0,95$ et un $RLH \leq 1,1$ ont été considérés comme « circulaires parfaits ». Les formes ovales ou subcirculaires correspondent à des valeurs de circularité comprises entre 0,80 et 0,95, avec un RLH généralement inférieur à 1,5. Lorsque le RLH dépasse 2,0, les otolithes sont qualifiés d'allongés, et au-delà de 3,2, en présence d'une circularité inférieure à 0,65, ils sont considérés comme très allongés.

Des formes particulières comme les trapézoïdales ou irrégulières ont été identifiées à partir de combinaisons spécifiques de circularité et de rectangularité, ce dernier indicateur complétant l'analyse des géométries atypiques.

Les formes otolithiques identifiées dans notre jeu de données sont variées et regroupées selon la planche 3.10 en six catégories principales : ovale allongée, ovale compacte, allongée régulière, très allongée fine, fusiforme, rectangulaire nette ou imparfaite, et trapézoïdale douce. Ces formes reflètent non seulement des traits taxonomiques, mais aussi des adaptations écologiques, notamment liées à l'habitat, à la profondeur ou au comportement acoustique des espèces (Assis, 2003 ; Lombarte *et al.*, 2010).

- **Les formes ovales allongées**

La forme ovale allongée est la plus courante dans notre échantillon, retrouvée chez des espèces telles : *Anthias anthias*, *Diplodus annularis*, *Serranus hepatus*, *Pagellus bogaraveo*, *Spicara maena*, *Epigonus denticulatus* ou encore *Gobius niger*. Ces otolithes montrent des indices de circularité intermédiaires ($C \approx 0,80$) et des valeurs modérées de RSH (surface/hauteur), caractéristiques des espèces démersales vivant dans des milieux à substrats variés. Ce type de forme favorise une bonne capacité de détection auditive dans des environnements à complexité acoustique moyenne (Lombarte et Leonart, 1993 ; Tuset *et al.*, 2008).

- **Les formes allongées régulières**

Les espèces *Echelus myrus*, *Gadella maraldi*, *Hoplosephus mediterraneus* et *Capros asper* présentent une forme allongée régulière, caractérisée par une forte élévation du rapport RLH (> 2.0) et une faible circularité. Ce type de morphologie est souvent associé à des espèces vivant dans les grandes profondeurs ou dans des milieux peu éclairés, où les capacités auditives doivent être optimisées pour capter des signaux faibles et de basse fréquence (Popper et Coombs, 1982 ; Assis, 2003).

- **Les formes très allongées fines**

Chez *Serranus scriba*, on observe des formes très allongées et fines, avec un RLH supérieur à 3, associées à des valeurs élevées de RSL et RPS. Cette configuration suggère une spécialisation acoustique poussée, potentiellement liée à une niche écologique particulière, comme des habitats profonds ou stratifiés, où la capacité de localisation du son est cruciale (Tuset *et al.*, 2008 ; Lombarte *et al.*, 2010).

- **Les formes fusiformes**

Des espèces comme *Belone belone*, *Chlorophthalmus agassizii* et *Trachinus draco* montrent des otolithes de forme fusiforme, avec un profil central rétréci et symétrique. Ces formes sont typiques de poissons pélagiques ou à comportement actif, où la forme de l'otolithe peut influencer la sensibilité directionnelle du système auditif (Assis, 2003).

- **Les formes rectangulaires**

Chez *Ophidion barbatum* on note des formes rectangulaires nettes ou imparfaites, rares et caractérisées par des bords rectilignes et une faible circularité ($C < 0,6$). Ce profil peut correspondre à une adaptation benthique ou à une particularité morpho-développementale encore peu documentée (Campana et Casselman, 1993).

- Les formes ovales compactes et trapézoïdales

Enfin, certaines espèces comme *Lesueurigobius friesii* ou *Uranoscopus scaber* possèdent des otolithes oval-compacts, plus épais et courts, traduisant une morphologie probablement liée à un mode de vie sédentaire ou enfoui. La forme trapézoïdale douce, observée chez *Lepidotrigla dieuzeidei*, pourrait résulter d'une configuration évolutive intermédiaire (Tuset *et al.*, 2008).

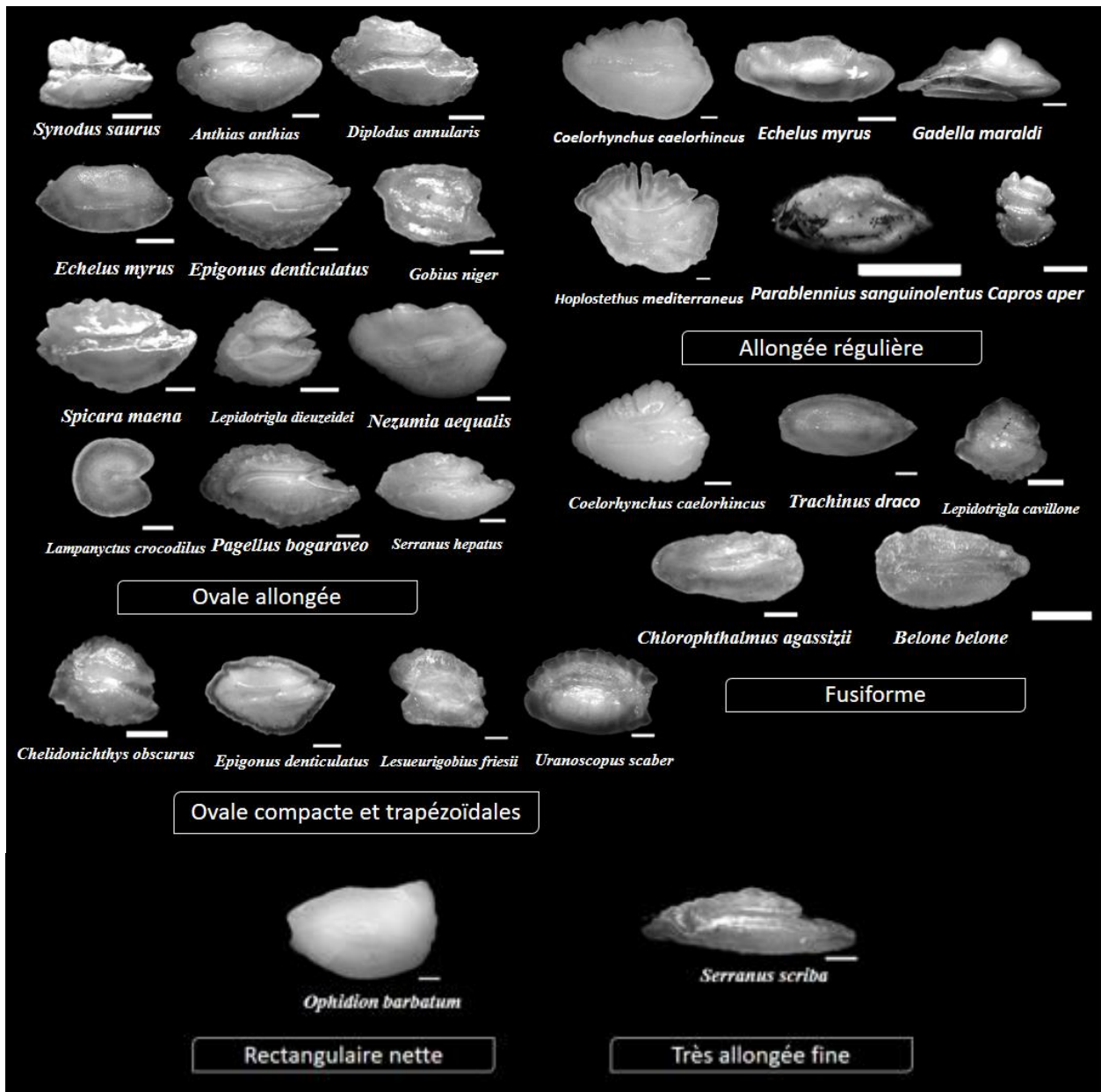


Planche 3.10 : classification des otolithes selon les indices morphométriques de Tuset et al. (2008) - (échelle =1 mm).

Tableau 3.1 : analyse morphométrique de quelques otolithes par les indices de Tuset *et al.*, (2008)

Espèce	LO	LRO	S	P	C	R	RLH	RPS	RSL	RSH	Les formes
<i>A. anthias</i>	5,76	2,83	11,73	13,31	0,83	0,72	2,04	1,13	2,04	4,15	Ovale allongée
<i>A. anthias</i>	5,74	2,90	11,85	13,37	0,83	0,71	1,98	1,13	2,06	4,08	Ovale allongée
<i>B. belone</i>	2,79	1,21	2,81	6,80	0,76	0,83	2,31	2,42	1,01	2,32	Fusiforme
<i>B. belone</i>	2,77	1,24	2,76	6,30	0,87	0,80	2,24	2,29	0,99	2,23	Ovale allongée
<i>C. aper</i>	0,23	0,39	1,39	5,68	0,54	0,85	1,25	1,47	0,85	0,76	Allongée régulière
<i>C. aper</i>	0,23	0,46	1,46	5,88	0,53	0,79	1,25	1,58	0,79	0,74	Allongée régulière
<i>C. agassizii</i>	3,70	1,45	4,51	8,26	0,83	0,84	2,55	1,83	1,22	3,11	Fusiforme
<i>C. agassizii</i>	3,73	1,40	4,49	8,19	0,84	0,86	2,67	1,82	1,20	3,22	Fusiforme
<i>C. caelorhincus</i>	1,60	1,22	11,38	16,04	0,56	1,47	4,95	3,37	1,47	0,68	Allongée régulière
<i>C. caelorhincus</i>	2,22	1,75	38,19	27,04	0,66	1,61	9,24	5,74	1,61	0,72	Fusiforme
<i>D. annularis</i>	5,22	2,80	11,69	14,01	0,75	0,80	1,86	1,20	2,24	4,17	Ovale allongée
<i>D. annularis</i>	5,02	2,82	11,35	12,96	0,85	0,80	1,78	1,14	2,26	4,02	Ovale allongée
<i>E. myrus</i>	1,61	0,69	7,26	12,72	0,56	2,52	5,01	1,99	2,52	0,73	Allongée régulière
<i>E. myrus</i>	1,40	0,77	6,75	10,96	0,71	1,87	4,04	2,16	1,87	0,77	Ovale allongée
<i>E. denticulatus</i>	7,03	3,99	20,97	17,17	0,89	0,75	1,76	0,82	2,98	5,25	Ovale allongée
<i>E. denticulatus</i>	5,36	1,66	7,13	12,41	0,58	0,80	3,24	1,74	1,33	4,31	Très allongée fine
<i>G. maraldi</i>	1,83	0,86	8,38	17,83	0,33	2,62	6,22	2,37	2,62	0,57	Allongée régulière
<i>G. maraldi</i>	1,95	0,99	10,91	17,95	0,43	2,63	7,06	2,68	2,63	0,58	Allongée régulière
<i>G. niger</i>	4,27	2,37	6,90	10,38	0,81	0,68	1,81	1,50	1,62	2,92	Ovale allongée
<i>G. niger</i>	4,09	2,38	6,89	9,98	0,87	0,71	1,72	1,45	1,68	2,89	Ovale allongée
<i>H. mediterraneus</i>	2,37	2,08	57,09	38,50	0,48	1,34	10,70	8,01	1,34	0,67	Allongée régulière
<i>H. mediterraneus</i>	1,26	0,97	7,13	12,66	0,56	1,34	3,53	2,64	1,34	0,76	Allongée régulière
<i>L. crocodilus</i>	2,93	1,66	5,27	8,62	0,89	1,09	1,77	1,64	1,80	3,19	Ovale allongée
<i>L. crocodilus</i>	3,07	1,20	3,93	9,13	0,59	1,07	2,55	2,33	1,28	3,27	Rectangulaire nette
<i>L. cavillone</i>	5,62	2,01	9,10	12,83	0,70	0,81	2,79	1,41	1,62	4,52	Fusiforme
<i>L. dieuzeidei</i>	3,46	2,07	5,49	10,19	0,66	0,77	1,67	1,86	1,59	2,65	Trapézoïdale douce
<i>L. dieuzeidei</i>	3,41	1,90	5,31	9,39	0,76	0,82	1,80	1,77	1,56	2,80	Ovale allongée
<i>L. friesii</i>	4,75	3,02	12,04	12,97	0,90	0,84	1,57	1,08	2,54	3,99	Ovale compacte
<i>L. friesii</i>	4,92	2,79	12,04	13,14	0,88	0,88	1,76	1,09	2,45	4,32	Ovale allongée
<i>N. aequalis</i>	4,92	2,79	12,04	13,14	0,88	0,88	1,76	1,09	2,45	4,32	Ovale allongée
<i>N. aequalis</i>	4,92	2,79	12,04	13,14	0,88	0,88	1,76	1,09	2,45	4,32	Ovale allongée
<i>O. barbatum</i>	3,07	1,20	3,93	9,13	0,59	1,07	2,55	2,33	1,28	3,27	Rectangulaire nette
<i>O. barbatum</i>	3,07	1,20	3,93	9,13	0,59	1,07	2,55	2,33	1,28	3,27	Rectangulaire nette
<i>P. bogaraveo</i>	7,20	3,73	20,82	17,82	0,82	0,78	1,93	0,86	2,89	5,58	Ovale allongée
<i>P. sanguinolentus</i>	0,65	0,05	1,41	5,32	0,63	1,83	1,92	1,05	1,83	0,70	Allongée régulière
<i>P. sanguinolentus</i>	0,42	-0,15	0,92	4,39	0,60	1,78	1,53	0,86	1,78	0,70	Allongée régulière
<i>S. hepatus</i>	5,86	2,73	11,79	13,42	0,82	0,74	2,15	1,14	2,01	4,32	Ovale allongée
<i>S. scriba</i>	7,14	2,52	13,55	16,42	0,63	0,75	2,83	1,21	1,90	5,38	Rectangul.imparfaite
<i>S. saurus</i>	3,32	1,62	4,09	7,97	0,81	0,76	2,04	1,95	1,23	2,52	Ovale allongée
<i>S. saurus</i>	3,15	1,71	4,07	8,25	0,75	0,76	1,84	2,03	1,29	2,38	Ovale allongée
<i>T. draco</i>	5,92	2,34	10,11	12,95	0,76	0,73	2,53	1,28	1,71	4,32	Fusiforme
<i>T. draco</i>	5,94	2,43	10,27	13,22	0,74	0,71	2,45	1,29	1,73	4,23	Fusiforme
<i>U. scaber</i>	5,94	3,47	18,92	16,24	0,90	0,92	1,71	0,86	3,18	5,45	Ovale allongée
<i>U. scaber</i>	5,94	3,52	17,22	15,45	0,91	0,82	1,69	0,90	2,90	4,90	Ovale compacte

2.3.2. Approche discriminante par des indices géométriques élaborés

Bien que la méthode initiée par Tuset *et al.*, (2008), basée sur des descripteurs simples tels que la longueur de l’otolithe, sa largeur, sa surface, son périmètre, ainsi que deux descripteurs de forme la circularité et la rectangularité, elle offre une première approche de la diversité des formes otolithiques, et s’est révélée insuffisante pour caractériser avec précision l’ensemble des morphotypes observés.

Afin d’affiner la discrimination, et d’améliorer le regroupement morphologique des otolithes, nous avons proposé un ensemble d’indices complémentaires, que nous avons ensuite intégrés à l’analyse. Ces indices sont issus d’une synthèse méthodologique fondée sur des travaux de référence en otolithométrie. Chaque seuil interprétatif utilisé pour caractériser les formes otolithiques a été sélectionné à partir de la littérature scientifique, en veillant à leur pertinence morpho fonctionnelle, et à leur validité statistique.

Les indices ont été établis d’après la littérature comme suit : B1 selon Tuset *et al.*, (2003), B2 selon Stransky *et al.*, (2008), B3 proposé par Lombarte et Leonart (1993), B4 inspiré des travaux de Tracey *et al.*, (2006) et Assis (2005), B6 s’appuie sur Hüsey (2008), les indices B7, B8 et B9 sont respectivement fondés sur Campana et Casselman (1993) et Morales-Nin *et al.*, (1998).

Le récapitulatif et le descriptif des indices discriminants établis sont consignés dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 : les indices morphométriques discriminateurs des formes otolithiques.

Les indices	Les relations mathématiques des indices et leurs indications	Seuils utilisés
B1	Rapport (longueur/largeur) indicateur d'allongement	> 2 (allongée), 1.5 (rond ou ovale)
B2	Rapport (périmètre/surface) sensibilité à la forme anguleuse	> 4 (triangulaire), 4 (formes non triangulaires)
B3	(Circularité) 1 = forme circulaire parfaite	0.7 (forme circulaire/ronde), < 0.6 (allongée ou anguleuse)
B4	Rapport (longueur/périmètre) proportion de longueur au contour	> 0.3 (fusiforme), 0.3 (rectangulaire)
B5	Rapport (largeur/périmètre) proportion de largeur au contour	> 0.25 (compressée), 0.25 (elliptique)
B6	Rapport (largeur/surface) aplatissement dorsal-ventral	> 0.4 (déprimée), 0.4 (ronde classique)
B7	Rapport somme (longueur+largeur/périmètre) forme fusiforme ou triangulaire pointue	> 0.3 (fusiforme), > 4 (triangulaire pointue)
B8	Rapport somme (longueur+largeur/périmètre) forme globale	> 0.3 (fusiforme), 0.3 (rectangulaire)
B9	Rapport somme (longueur+largeur/surface) forme globale	> 4 (triangulaire pointue), 4 (triangulaire large)

L'analyse des otolithes à travers une classification typologique visuelle, réalisée en dernière étape du processus analytique, a permis de confirmer et d'enrichir les résultats issus des indices morphométriques. Huit morphotypes illustrés dans le tableau 3.2 ont été identifiés à partir des rapports géométriques (B1 à B9). Sur la base de leur morphologie générale, les otolithes ont été classés en quatre grandes formes distinctes, présentées dans la planche 3.3 : ovale court, elliptique allongée, triangulaire fine et allongée large.

- **La forme ovale courte**

Les otolithes de forme ovale courte sont caractérisés par une compacité marquée, des bords arrondis et une structure globalement régulière. Ce morphotype a été observé chez *Gobius niger*, *Lepidotrigla cavillone*, *Lampanyctus crocodilus* et *Belone belone*. Ces otolithes correspondent à des espèces benthoniques ou benthopélagiques, souvent peu mobiles, pour lesquelles la perception des vibrations du substrat et la stabilité auditive priment sur l'orientation spatiale (Stransky *et al.*, 2008). Ils sont donc adaptés à des environnements acoustiquement homogènes.

- **La forme allongée large**

La forme allongée large se distingue nettement la forme fusiforme ou elliptique étirée, souvent associés à des espèces évoluant dans des milieux profonds ou meubles. Ce groupe inclut *Chlorophthalmus agassizii*, *Gadella maraldi*, *Serranus scriba* et également certains individus de *Echelus myrus* et *Trachinus draco*. Cette morphologie est généralement interprétée comme une adaptation à la navigation tridimensionnelle en milieu profond, avec une sensibilité accrue à la direction des signaux sonores (Tuset *et al.*, 2008 ; Lombarte *et al.*, 2010).

- **Forme elliptique allongée**

Le type elliptique allongé constitue un morphotype intermédiaire, à la fois étiré et régulier, qui regroupe des espèces très variées : *Anthias anthias*, *Epigonus denticulatus*, *Diplodus annularis*, *Echelus myrus*, *Lesueurigobius friesii*, *Pagellus bogaraveo*, *Ophidion barbatum*, *Serranus hepatus* et *Spicara maena*. Ce type de forme est compatible avec une diversité d'habitats (côtiers, démersaux, profonds) et une plasticité fonctionnelle élevée, ce qui en fait une catégorie fréquente dans les rejets.

- **Forme triangulaire fine**

Cette forme, bien plus rare, est observée chez *Parablennius sanguinolentus* et *Capros aper*. Les otolithes sont de forme anguleuse, presque triangulaire, à pointe marquée et des bords irréguliers. Ces formes sont souvent typiques de certaines familles et peuvent être utilisées comme des caractères diagnostiques en taxonomie (Lombarte *et al.*, 2010 ; Tuset *et al.*, 2008). Elles pourraient aussi indiquer une spécialisation sensorielle liée à des comportements sédentaires ou cryptiques. Certains cas ambigus, comme *Echelus myrus* ou *Nezumia aequalis*, arborent plusieurs types morphologiques, traduisant soit une variabilité intra-spécifique, soit une influence de facteurs environnementaux (profondeur, substrat). Ce constat confirme la nécessité d'une approche combinée entre analyse géométrique et typologie visuelle pour aboutir à une classification robuste.

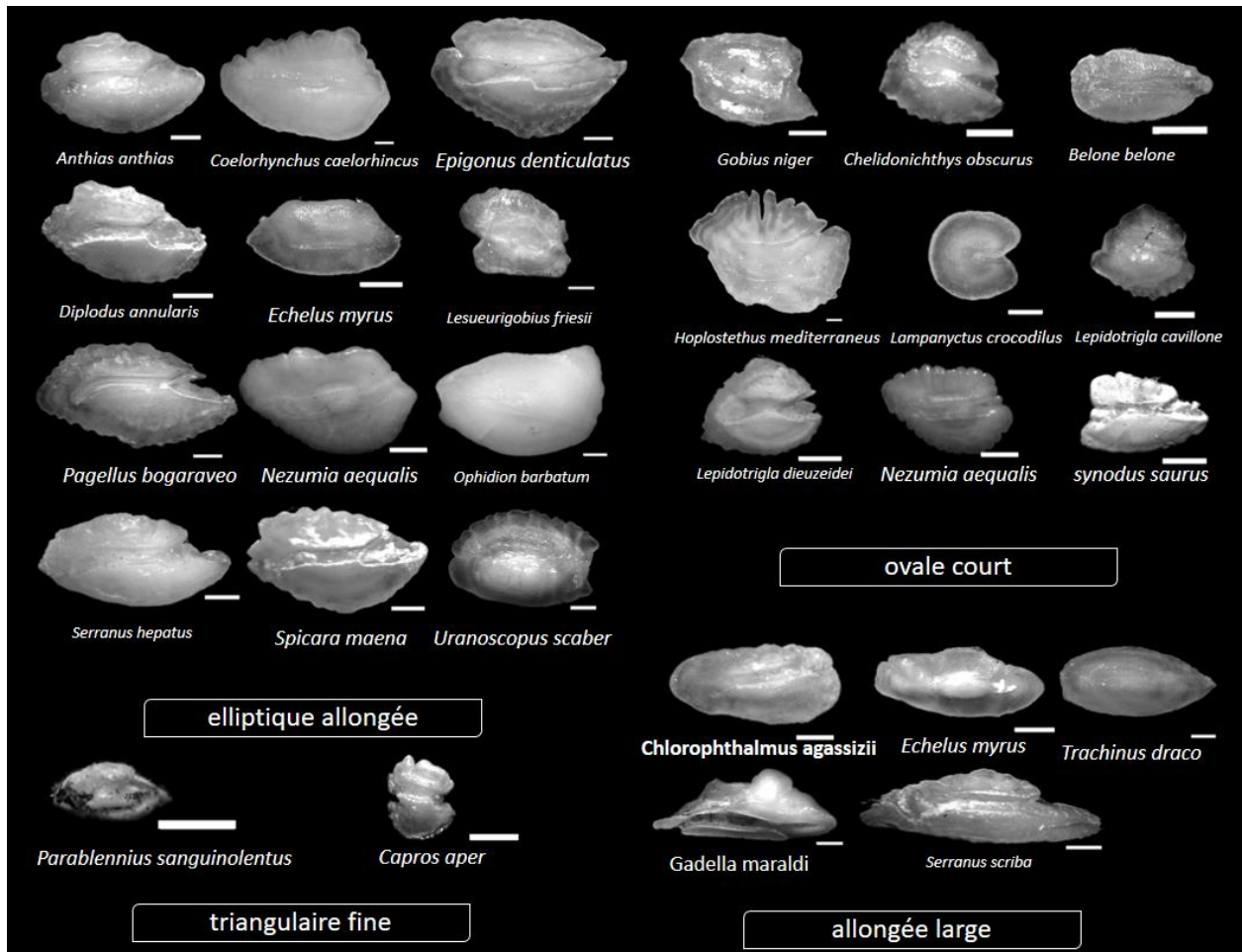


Planche 3.11 : classification des otolithes selon des indices morphométriques discriminants (échelle = 1 mm)

Tableau 3.3 : résultats de l'analyse morphométrique discriminante de quelques otolithes.

Espèce	LT	H	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	Les formes
<i>A. anthias</i>	15.1	3.8	1,79	1,33	0,60	0,35	0,20	0,26	0,46	0,55	0,72	1,03	Elliptiq.allongée
<i>B. belone</i>	29	1.2	1,80	2,70	0,63	0,35	0,20	0,53	0,95	0,55	1,48	0,67	ovale court
<i>P. sanguinolentus</i>	11.5	2.7	1,83	3,77	0,63	0,36	0,20	0,74	1,36	0,56	2,11	0,42	triangulaire fine
<i>C. aper</i>	5.6	2.20	0,85	3,77	0,48	0,21	0,25	0,94	0,80	0,46	1,74	0,47	triangulaire fine
<i>C. agassizii</i>	10.1	1.5	2,18	2,09	0,64	0,38	0,18	0,37	0,80	0,56	1,17	0,80	allongée large
<i>C. agassizii</i>	10.1	1.5	2,25	2,07	0,66	0,39	0,17	0,36	0,80	0,56	1,16	0,79	allongée large
<i>E. denticulatus</i>	8.9	1.5	1,56	1,39	0,70	0,36	0,23	0,32	0,50	0,59	0,82	1,03	Elliptiq.allongée
<i>G. niger</i>	12.2	4.90	1,52	1,71	0,62	0,32	0,21	0,36	0,55	0,53	0,91	0,91	ovale court
<i>L. friesii</i>	11.5	na	1,18	1,26	0,65	0,29	0,24	0,31	0,36	0,53	0,67	1,02	Elliptiq.allongée
<i>C. caelorhincus</i>	7.9	1.4	1,43	1,27	0,58	0,31	0,22	0,28	0,40	0,53	0,67	1,05	Elliptiq.allongée
<i>N. aequalis</i>	13.5	1.7	1,65	1,35	0,68	0,35	0,21	0,29	0,47	0,56	0,76	1,01	Elliptiq.allongée
<i>N. aequalis</i>	8	1	1,52	1,83	0,60	0,32	0,21	0,39	0,59	0,53	0,98	0,89	ovale court
<i>G. maraldi</i>	14.5	2.9	2,12	1,50	0,46	0,38	0,18	0,27	0,56	0,55	0,83	1,07	allongée large
<i>L. crocodilus</i>	13.6	2.29	1,33	3,60	0,18	0,17	0,13	0,47	0,63	0,30	1,10	0,73	ovale court
<i>L. crocodilus</i>	11.1	0.8	1,25	2,75	0,42	0,25	0,20	0,54	0,68	0,44	1,22	0,73	ovale court
<i>E. myrus</i>	33	1.6	2,52	1,75	0,56	0,39	0,16	0,27	0,69	0,55	0,96	0,90	allongée large
<i>O. barbatum</i>	21.6	na	1,28	0,74	0,70	0,31	0,24	0,18	0,23	0,55	0,40	1,19	Elliptiq.allongée
<i>O. barbatum</i>	21.6	na	1,27	0,74	0,71	0,31	0,24	0,18	0,23	0,55	0,41	1,18	Elliptiq.allongée
<i>S. scriba</i>	19.10	5.7	2,25	1,40	0,47	0,37	0,16	0,23	0,51	0,53	0,74	1,04	allongée large
<i>S. scriba</i>	19.10	5.7	2,25	1,40	0,47	0,37	0,16	0,23	0,51	0,53	0,74	1,04	allongée large
<i>S. hepatus</i>	11.3	3.7	1,93	1,31	0,64	0,37	0,19	0,25	0,49	0,57	0,75	1,04	Elliptiq.allongée
<i>D. annularis</i>	12	4.3	1,50	1,39	0,56	0,31	0,20	0,28	0,43	0,51	0,71	1,01	Elliptiq.allongée
<i>S. maena</i>	14.5	4	1,49	1,18	0,63	0,33	0,22	0,26	0,39	0,55	0,65	1,08	Elliptiq.allongée
<i>P. bogaraveo</i>	18	5.5	1,67	1,09	0,53	0,32	0,20	0,21	0,36	0,52	0,57	1,10	Elliptiq.allongée
<i>S. saurus</i>	22.4	3.7	1,54	2,28	0,59	0,33	0,21	0,48	0,75	0,54	1,23	0,80	ovale court
<i>S. saurus</i>	22.4	3.7	1,54	2,35	0,56	0,31	0,20	0,47	0,73	0,51	1,20	0,77	ovale court
<i>H. mediterraneus</i>	15.7	5.8	1,34	0,67	0,48	0,28	0,21	0,14	0,19	0,49	0,33	1,22	ovale court
<i>H. mediterraneus</i>	5.7	1.9	1,30	1,85	0,52	0,27	0,21	0,38	0,50	0,48	0,88	0,88	ovale court
<i>T. draco</i>	18.7	2.4	2,13	1,15	0,65	0,39	0,18	0,21	0,44	0,57	0,65	1,06	Elliptiq.allongée
<i>T. draco</i>	13.5	2.7	2,32	1,48	0,57	0,38	0,17	0,25	0,57	0,55	0,81	0,98	allongée large
<i>C. obscurus</i>	15.9	2.1	1,46	2,39	0,64	0,33	0,22	0,53	0,78	0,55	1,32	0,76	ovale court
<i>C. obscurus</i>	15.9	2.1	1,32	2,40	0,66	0,31	0,24	0,57	0,75	0,55	1,31	0,75	ovale court
<i>L. cavillone</i>	12.6	2.1	1,33	2,57	0,50	0,28	0,21	0,55	0,73	0,50	1,28	0,77	ovale court
<i>L. dieuzeidei</i>	16	3	1,28	2,18	0,48	0,28	0,22	0,48	0,61	0,50	1,09	0,88	ovale court
<i>U. scaber</i>	16	2.5	1,60	1,04	0,68	0,34	0,21	0,22	0,35	0,54	0,56	1,08	Elliptiq.allongée

2.4. Discrimination morphométrique interrégionale des otolithes

Dans le but d'évaluer l'homogénéité morphologique des populations entre les zones d'étude, une approche statistique non paramétrique a été mise en œuvre à partir des critères géométriques des otolithes. Cette méthode repose sur la comparaison de plusieurs paramètres mesurés sur chaque face otolithique (externe droite et interne gauche), notamment la surface, la longueur, la largeur, le périmètre et la circularité. Pour chaque combinaison espèce/face/paramètre, une hypothèse de différence entre régions a été testée à l'aide du test de Wilcoxon–Mann–Whitney, recommandé dans les cas de distributions non normales et de petits échantillons (Fay et Proschan, 2010 ; Neuhäuser, 2011). Ce type d'analyse morphométrique est largement utilisé pour la discrimination des stocks halieutiques, car les otolithes, en tant que structures calcifiées sensibles à l'environnement et à la croissance individuelle, constituent des marqueurs fiables de différenciation populationnelle (Campana et Thorrold, 2001 ; Tuset *et al.*, 2008). L'application du test de Wilcoxon permet ainsi de vérifier l'existence de variations géographiques significatives des formes otolithiques entre les régions d'échantillonnage, fournissant un appui statistique objectif à l'interprétation des patrons morphologiques observés.

Les résultats de l'analyse sont consignés dans le tableau 3.4, ils confirment l'absence de différences morphométriques significatives entre les populations de *Hoplostethus mediterraneus* et *Epigonus denticulatus* issues des régions d'Annaba et de Bouharoun.

Pour chacune des deux espèces, les valeurs de p-value obtenues dans l'ensemble des tests de Wilcoxon–Mann–Whitney appliqués aux paramètres morphométriques (surface, longueur, largeur, périmètre et circularité) mesurés sur les deux faces des otolithes (externe droite et interne gauche) sont toutes supérieures au seuil de significativité de 0,05. Ce qui permet d'accepter l'hypothèse nulle H_0 , où il n'y aurait pas de différence de distributions morphométriques des otolithes entre les régions d'Annaba et de Bouharoun.

Chez *Hoplostethus mediterraneus*, les p-values varient entre 0,2616 et 0,7595, traduisant une homogénéité remarquable des descripteurs otolithiques entre Annaba et Bouharoun.

De même, pour *Epigonus denticulatus*, les p-values s'échelonnent entre 0,5244 et 1, avec notamment une valeur maximale observée pour le paramètre de surface sur la face externe droite, suggérant une similarité presque parfaite entre les populations pour cette mesure.

Tableau 3.4 : résultats du test du Wilcoxon–Mann–Whitney appliqué aux paramètres otolithiques entre Annaba et Bouharoun.

Espèce	Face	Paramètre	Hypothèse formulée	p-value	Interprétation
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Extérieur droit	Surface	Différence de surface entre les régions	0,6098	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Intérieur gauche	Surface	Différence de surface entre les régions	0,6098	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Extérieur droit	Surface	Différence de surface entre les régions	1	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Intérieur gauche	Surface	Différence de surface entre les régions	0,9539	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Extérieur droit	Longueur	Différence de longueur entre les régions	0,6098	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Intérieur gauche	Longueur	Différence de longueur entre les régions	0,6098	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Extérieur droit	Longueur	Différence de longueur entre les régions	0,8622	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Intérieur gauche	Longueur	Différence de longueur entre les régions	0,9078	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Extérieur droit	Largeur	Différence de largeur entre les régions	0,6098	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Intérieur gauche	Largeur	Différence de largeur entre les régions	0,6098	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Extérieur droit	Largeur	Différence de largeur entre les régions	0,7282	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Intérieur gauche	Largeur	Différence de largeur entre les régions	0,7723	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Extérieur droit	Périmètre	Différence de périmètre entre les régions	0,7595	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Intérieur gauche	Périmètre	Différence de périmètre entre les régions	0,7595	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Extérieur droit	Périmètre	Différence de périmètre entre les régions	0,6025	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Intérieur gauche	Périmètre	Différence de périmètre entre les régions	0,6854	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Extérieur droit	Circularité	Différence de circularité entre les régions	0,2616	Pas de différence significative
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	Intérieur gauche	Circularité	Différence de circularité entre les régions	0,6098	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Extérieur droit	Circularité	Différence de circularité entre les régions	0,6025	Pas de différence significative
<i>Epigonus denticulatus</i>	Intérieur gauche	Circularité	Différence de circularité entre les régions	0,5244	Pas de différence significative

• **Discussion générale**

Dans le cadre de cette étude, une attention particulière a été portée sur la forme des otolithes, en tant que critère discriminant pour l'identification des espèces et la caractérisation écologique. Toutefois, il est important de souligner que l'analyse bidimensionnelle des otolithes, aussi rigoureuse soit-elle, présente certaines limites liées à la subjectivité de l'interprétation visuelle.

La perception de la forme peut varier selon l'observateur, la qualité de l'image ou encore l'orientation de l'otolithe lors de l'acquisition.

Pour remédier à ces limites, l'utilisation de technologies tridimensionnelles (3D) devient aujourd'hui une approche incontournable. La modélisation 3D des otolithes permet une visualisation complète et objective de leur morphologie réelle, intégrant reliefs, courbures, bords et épaisseurs, ce qui est impossible à restituer avec des images planes. Associée à des méthodes mathématiques avancées telles que l'analyse de Fourier ou la morphométrie géométrique, la 3D offre une puissance analytique nettement supérieure, permettant de quantifier les variations interspécifiques avec une grande précision. Elle constitue donc une perspective essentielle pour affiner la classification typologique et limiter les biais liés aux analyses traditionnelles.

Malgré ces contraintes techniques, les résultats de ce travail démontrent que les otolithes restent des outils de grande valeur scientifique, notamment pour l'identification spécifique, même chez les espèces difficiles à distinguer morphologiquement. L'étude a ainsi permis de confirmer l'identification de plusieurs spécimens, comme *Epigonus denticulatus*, *Lepidion crocodilus* et *Gadella maraldi*, uniquement grâce aux caractéristiques otolithiques.

Par ailleurs, une variabilité notable des formes a été observée, permettant de distinguer les espèces démersales, souvent à otolithes allongés ou anguleux, des espèces pélagiques, à otolithes plus compacts ou elliptiques.

Les otolithes révèlent donc une utilité transversale, allant de la taxonomie à la gestion des stocks, en passant par les analyses alimentaires et la paléocéologie. Toutefois, un obstacle non négligeable rencontré durant cette étude a été la difficulté d'accès aux rejets de pêche. En effet, la disponibilité irrégulière de ces rejets, leur tri parfois sommaire à bord, ainsi que le manque parfois de la coopération des équipages, ont limité la représentativité de certains échantillons. Cette contrainte logistique a pu restreindre l'exhaustivité des données collectées et, par conséquent, la couverture taxonomique souhaitée dans certaines zones.

Les otolithes révèlent donc une utilité transversale, allant de la taxonomie à la gestion des stocks, en passant par les analyses alimentaires et la paléocéologie. Cependant, il est important de rappeler que leur usage ne peut être isolé. Comme le précisent Panfili *et al.*, (2002) dans le Manuel de sclérochronologie des poissons :

« Les pièces calcifiées comme les otolithes ne fournissent pas à elles seules toutes les informations nécessaires pour comprendre la dynamique des populations ou l'identité des stocks. Elles doivent être croisées avec d'autres sources de données biologiques, environnementales ou génétiques pour une interprétation robuste. »

Conclusion

L'analyse des rejets de pêche réalisée dans les baies d'Annaba, Bou Ismaïl et Ghazaouet a permis de révéler une richesse spécifique exceptionnelle, souvent ignorée par les inventaires halieutiques conventionnels.

Plus de 110 espèces marines ont été identifiées, dont certaines associées à des habitats profonds voire abyssaux, témoignant de la diversité des écosystèmes exploités, parfois au-delà de 1000 mètres de profondeur. Ces résultats confirment que les rejets sont loin d'être que des sous-produits indésirables, ils représentent une ressource biologique précieuse, à fort potentiel scientifique, écologique et économique.

En parallèle, la création d'un atlas morphologique des otolithes à partir des espèces rejetées constitue une avancée inédite pour le littoral algérien. Ce travail, mobilisant des outils optiques de précision et des logiciels de traitement d'image, a permis de documenter avec rigueur la diversité otolithique, et ainsi de poser les bases d'un référentiel régional utilisable en taxonomie, en écologie halieutique et en traçabilité alimentaire.

Au-delà de ces résultats, plusieurs perspectives concrètes se dessinent. Sur le plan de la valorisation des rejets, le développement de filières de transformation (farines, huiles, bioénergie, biotechnologies marines), ainsi que l'utilisation de cette biomasse pour la conception d'appâts alternatifs, comme exploré dans l'approche BMC, offrent des solutions durables pour réduire le gaspillage et renforcer la résilience du secteur halieutique.

Par ailleurs, l'atlas otolithique élaboré pourrait être enrichi à l'échelle nationale, et servir de base à des banques de données numériques couplées à des systèmes d'identification automatisée par intelligence artificielle. Ce type d'outil contribuerait significativement, à l'amélioration du suivi des ressources, à la discrimination des stocks, et à la formation spécialisée en biologie des pêches. Il serait judicieux d'élargir la prospection des rejets de pêche, et de passer en revue tous les ports le long du littoral algérien, ainsi avoir une représentativité plus complète en termes d'abondance et de taille des espèces observées, afin d'apporter des éléments de réponse quant à leur répartition et à la caractérisation de leurs otolithes.

Il est également à envisager une approche plus affinée de l'analyse discriminante morphologique des otolithes, et ainsi identifier les poissons par le recours aux moyens plus sophistiqués en intégrant l'imagerie 3D.

De même, l'élaboration d'un Package d'indices géométriques discriminants devrait être réfléchi. En somme, cette étude propose une vision intégrée et innovante de la gestion des rejets, en les repositionnant comme des ressources stratégiques au service de la durabilité, de la connaissance et de l'innovation halieutique en Méditerranée et particulièrement en Algérie.

Références bibliographiques

- ADAMS, D. C., COLLYER, M. L., KALIONTZOPOULOU, A., ET SHERRATT, E. (2021).** Geomorph: Software for geometric morphometric analyses. R package version 4.0.
- APS. (2023, 26 JUIN).** Une nouvelle étude porte la longueur du littoral algérien à 2 148 km. Agence Presse Service.
- ARVANITOYANNIS, I. S., ET KASSAVETI, A. (2008).** Fish industry waste: Treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(4), 726-745.
- ASSIS, C. A. (2004).** Otólitos de peixes da costa Portuguesa.
- ASSIS, C. A. (2005).** The acoustico-lateralis system and otolith morphology of teleosts: Phylogenetic and ecological implications. Thèse doctorale, Univ, de Barcelone. [Disponible en partie dans Tuset et al. (2008)]
- ASSIS, C.A. (2004).** "Otoliths of common teleost fish species of the Azores Archipelago." *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 21A: 75–99.
- ASSIS, C.A. (2005).** The acoustico-lateralis system and otolith morphology of teleosts: phylogenetic implications. Thèse de doctorat, University of Barcelona.
- BATTAGLIA, P., MALARA, D., ROMEO, T., ET ANDALORO, F. (2010).** Otolith shape and size variation in relation to age and size of *Spicara smaris* and *Spicara maena*. *Folia Zoologica*, 59(1), 90–96.
- BELBACHIR, C. ET AL., (2019).** Contribution à l'étude de la pollution marine dans la baie d'Annaba. *Revue des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 2, 45–57.
- BONHOMME, V., PICQ, S., GAUCHEREL, C., ET CLAUDE, J. (2014).** Momocs: Outline analysis using R. *Journal of Statistical Software*, 56(13), 1–24. <https://doi.org/10.18637/jss.v056.i13>
- BOUAZIZ, A., KHERRAZ, M., ET BOUSSAID, M. (2020).** Évaluation des ressources halieutiques du littoral algérien. *Revue des Sciences Marines*, 12(3), 45-58.
- BOUAZIZ, S., KHERRAZ, A., ET MOUFFOK, S. (2020).** Analyse de la dynamique portuaire et halieutique dans la baie de Ghazaouet. *Journal Algérien des Sciences de la Mer*, 5(2), 112–121.
- BOUDOURESQUE, C. F., ET VERLAQUE, M. (2002).** Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine Pollution Bulletin*, 44(1), 32–38.
- BOUDOURESQUE, C. F., ET VERLAQUE, M. (2002).** Biologie et écologie des peuplements benthiques en Méditerranée. Institut Océanographique de Paris.
- CADDY, J. F. (1993).** Toward a comparative evaluation of human impacts on fishery ecosystems of enclosed and semi-enclosed seas. *Reviews in Fisheries Science*, 1(1), 57–95.

- CAMPANA, S. E. (1999).** Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. Marine Ecology Progress Series.
- CAMPANA, S. E., ET CASSELMAN, J. M. (1993).** Stock discrimination using otolith shape analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 50(5), 1062–1083.
- CAMPANA, S.E. (1999).** "Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications." Marine Ecology Progress Series, 188: 263–297.
- CAMPANA, S.E., ET CASSELMAN, J.M. (1993).** "Stock discrimination using otolith shape analysis." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 50: 1062–1083.
- CARRASSÓN, M., ET AL., (1997).** Feeding strategies of deep-water fishes in the western Mediterranean. Deep-Sea Research I, 44(3), 521–543.
- CARTES, J.E. ET CARRASSÓN, M. (2004).** Deep-sea fish feeding guilds along the western Mediterranean continental slope. Deep Sea Research Part I, 51(6), 747–765.
- CARTES, J.E. ET CARRASSÓN, M. (2004).** Influence of trophic variables on depth-range distributions of deep-sea fish. Deep Sea Research I, 51, 807–819.
- CARTES, J.E., ET AL., (2009).** Changes in deep-sea megafaunal assemblages in the Catalan Sea (Western Mediterranean) in relation to natural and anthropogenic environmental forcing factors. Progress in Oceanography, 82(1), 32–46.
- CHAINED, J., ET DUVERGIER, J. (1934).** Les poissons de la Méditerranée. Paris: Delagrave.
- CHATZIFRAGKOU, A., ET PAPANIKOLAOU, S. (2012).** Effect of biodiesel-derived crude glycerol on growth and lipid accumulation of *Yarrowia lipolytica*: Impact of substrate complexity. Journal of Applied Microbiology, 114(4), 1020-1032.
- CHATZIFRAGKOU, A., ET PAPANIKOLAOU, S. (2012).** Fish waste management and valorization techniques: A review. Waste and Biomass Valorization, 3(1), 1-15.
- COLLOCA, F., CARDINALE, M., ET ARDIZZONE, G.D. (2003).** Patterns of distribution and diversity of demersal assemblages in the central Mediterranean Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 56(3-4), 469–480.
- CRAMPTON, J. S. (1995).** Elliptic Fourier shape analysis of fossil bivalves: some practical considerations. Lethaia, 28(2), 179–186.
- DAGET, J. (1976).** Techniques d'ichtyologie. Paris : Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).
- DAGET, J. (1979).** La méthode des échantillonnages pour l'étude des peuplements ichtyologiques. In: Bagenal, T. (Ed.), Méthodes d'évaluation du stock de poissons dans les eaux continentales. FAO, Document Technique sur les Pêches, n° 191, pp. 126–136.
- DIEUZEIDE, R., NOVELLA, M., ET ROLAND, J. (1953).** Catalogue illustré des poissons de la Méditerranée. Éditions du Centre de recherches de Biarritz, 128 p.

- DUFFIN, C.J. (2007).** "Otoliths and folk medicine." *The Linnean*, 23(2): 16–25.
- D'ONGHIA, G., POLITOU, C.Y., BOZZANO, A., ET AL., (2004).** Deep-water fish assemblages in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 68(Suppl. 3), 87–99.
- ELSDON, T. S., ET GILLANDERS, B. M. (2003).** Reconstructing migratory patterns of fish based on otolith chemistry. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13(3), 219–235.
- FAO (2002).** Fiches d'identification pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire (Zone 37). Rome: FAO.
- FAO (2018).** The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Rome: FAO.
- FAO (2018).** The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2020).** The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2020. General Fisheries Commission for the Mediterranean, Rome.
- FAO. (2002).** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Vol. II. Vertébrés. Rome.
- FAO. (2018).** Biotechnologies and fisheries: Sustainable solutions for food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO. (2020).** The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2020. Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée, Rome.
- FROESE, R. ET PAULY, D. (2024).** FishBase. <https://www.fishbase.se>
- GAGLIANO, M. ET MCCORMICK, M. I. (2004).** Otolith development in marine fish larvae in relation to temperature. *Marine Ecology Progress Series*, 278, 195–204.
- GHALY, A. E., RAMAKRISHNAN, V. V., BROOKS, M. S., BUDGE, S. M., ET DAVE, D. (2013).** Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: A critical review. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 5(4), 107-129.
- GOODE, G.B., ET AL., (1989).** Distribution and abundance of lanternfishes (Myctophidae). In: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO.
- HARVEY, J. T., LOUGHLIN, T. R., PEREZ, M. A., ET OXMAN, D. S. (2000).** Relationship between fish size and otolith size for some North Pacific fish. NOAA Technical Report NMFS 150, U.S. Department of Commerce.
- HECHT, T. (1978).** "A descriptive systematic study of the otoliths of the Southern African Myctophidae." *Annals of the South African Museum*, 76: 49–103.
- HOPKINS, T. S. (1985).** Physics of the sea. In: Margalef, R. (Ed.), *Western Mediterranean*. Pergamon Press, Oxford, pp. 100–125.
- HÄRKÖNEN, T. (1986).** Guide to the Otoliths of the Bony Fishes of the Northeast Atlantic. Danish Biological Station.

- ICES (2021).** Otolith preparation and reading guidelines for stock assessment. International Council for the Exploration of the Sea.
- IUCN-MED. (2016).** The Mediterranean: A biodiversity hotspot under threat. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation.
- KOKEN, E. (1884).** "Ueber Fischotolithen." Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 36: 663–694.
- KOSLOW, J. A., BOEHLERT, G. W., GORDON, J. D. M., HAEDRICH, R. L., LORANCE, P., ET PARIN, N. (2000).** Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. ICES Journal of Marine Science, 57(3), 548–557.
- KUHL, F. P., ET GIARDINA, C. R. (1982).** Elliptic Fourier features of a closed contour. Computer Graphics and Image Processing, 18(3), 236–258.
- LOMBARTE, A. ET CRUZ, A. (2007).** Otolith size and hearing capabilities in fishes. Journal of Hearing Research, 26(2), 59–67.
- LOMBARTE, A., ET CRUZ, A. (2007).** Otolith size and shape and its relationship with fish size. Journal of Fish Biology, 71: 1–20.
- LOMBARTE, A., ET CRUZ, A. (2007).** Otolith size and shape: implications for function and evolutionary history. Environmental Biology of Fishes, 78(1), 219–229.
- LOMBARTE, A., CHIC, O., PARISI-BARADAD, V., OLIVELLA, R., PIERA, J., ET GARCIA-LADONA, E. (2006).** "A web-based environment for shape analysis of fish otoliths." Marine Ecology Progress Series, 321: 227–230.
- LOMBARTE, A., CHIC, O., PARISI-BARADAD, V., OLIVELLA, R., PIERA, J., ET GARCÍA-LADONA, E. (2010).** A web-based environment for shape analysis of fish otoliths. Marine and Freshwater Research, 61(3), 307–310.
- LOMBARTE, A., CRUZ, A.L. (2007).** Morphological and functional variation in the otoliths of fishes. Journal of Morphology, 268(7), 586–595.
- LOMBARTE, A., PARISI-BARADAD, V., ET OLIVELLA, R. (2010).** Quantitative analysis of otolith shape in teleost fishes. Marine Biology, 157, 1237–1246.
- LOMBARTE, A., TUSET, V.M., ET PARISI-BARADAD, V. (2010).** Sagittal otolith shape as a tool for identification of fish species of the Balearic Islands (Western Mediterranean). Fisheries Research, 107(2), 147–152.
- MAHE, K., BELLAMY, E., ELLEBOODE, R., COPPIN, F., ET POULARD, J.C. (2012).** Atlas des otolithes de poissons de l’Atlantique Nord-Est. IFREMER Éditions, France.
- MAHE, K., BELLAMY, E., ELLEBOODE, R., ET AL., (2012).** Atlas des otolithes des poissons de l’Atlantique Nord-Est. Ifremer.

- MASSUTÍ, E., MORALES-NIN, B., ET STEFANESCU, C. (1995).** Distribution and biology of *Coelorhynchus caelorhynchus* on the continental slope of the western Mediterranean. *Marine Biology*, 123(4), 411–419.
- MAUCLINE, J. ET GORDON, J.D.M. (1984).** Feeding and bathymetric distribution of the macrourid fish of the Rockall Trough. *Marine Biology*, 81(2), 107–121.
- MILLOT, C. (1999).** Circulation générale en Méditerranée occidentale. *Oceanologica Acta*, 22(1), 105-120.
- MILLOT, C. (1999).** Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*, 20(1-4), 423-442.
- MORALES-NIN, B. (2000).** "Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation." *Fish Research*, 46(1–3): 53–67.
- MORANTA, J., ET AL., (2004).** Demersal fish assemblages and depth distribution off the Balearic Islands. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 84(5), 1029–1039.
- MORATO, T., CHEUNG, W. W. L., ET PITCHER, T. J. (2006).** Vulnerability of seamount fish to fishing: fuzzy analysis of life-history attributes. *Journal of Fish Biology*, 68(1), 209–221.
- MORATO, T., ET AL., (2001).** Feeding habits of small deep-sea fish on the Azores slope (North-East Atlantic). *Journal of Fish Biology*, 59(5), 1192–1205.
- MYTILINEOU, C., ET AL., (2005).** Deep-water fish fauna in the eastern Ionian Sea. *Belgian Journal of Zoology*, 135(2), 229–233.
- NOLF, D. (1985).** Otolithe des Téléostéens. In: *Handbook of Paleoichthyology*, Vol. 10. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- NOLF, D. (1985).** Otoliths of Pleistocene Fishes from Europe. Leuven University Press.
- OECD. (2019).** Sustainable Fisheries and Aquaculture Management. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OTSU, N. (1979).** A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62–66.
- PANFILI, J., DE PONTUAL, H., TROADEC, H., ET WRIGHT, P. J. (2002).** Manuel de sclérochronologie des poissons.
- PAU, G., FUCHS, F., SKLYAR, O., BOUTROS, M., ET HUBER, W. (2010).** EBImage—an R package for image processing with applications to cellular phenotypes. *Bioinformatics*, 26(7), 979–981.
- PIELOU, E. C. (1966).** The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13(2), 131-144.
- POLITOU, C.-Y., ET AL. (2003).** Demersal fish assemblages on the continental slope in the eastern Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 38, 343–352.

- PUILLAT, I., TAUPIER-LETAGE, I., ET MILLOT, C. (2002).** Algerian eddies lifetime can near 3 years. *Journal of Marine Systems*, 31, 245–259.
- ROHLF, F. J., ET ARCHIE, J. W. (1984).** A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Systematic Zoology*, 33(3), 302–317.
- RUST, M. B., BARROWS, F. T., HARDY, R. W., LAZUR, A. M., NAUGHTEN, K., ET SILVERSTEIN, J. T. (2011).** The future of aquafeeds. NOAA Technical Memorandum NMFS F/SPO-124, U.S. Department of Commerce.
- SCHNEIDER, C. A., RASBAND, W. S., ET ELICEIRI, K. W. (2012).** NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675.
- SECOR, D. H., ET ROOKER, J. R. (2000).** Is otolith strontium a useful scalar of life cycles in estuarine fishes? *Fisheries Research*, 46(1–3), 359–371.
- SECOR, D. H., DEAN, J. M., ET LABAN, E. H. (1992).** Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. Electric Power Research Institute (EPRI) Publication TR-AP-89-17.
- SECOR, D.H., ET ROOKER, J.R. (2000).** "Is otolith chemistry useful for describing population structure?" *Marine and Freshwater Research*, 51: 743–755.
- SHAHIDI, F., ET AMBIGAIPALAN, P. (2018).** Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 345-381.
- SHANNON, C. E., ET WEAVER, W. (1949).** *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press.
- SMALE, M. J., WATSON, G., ET HECHT, T. (1995).** *Guide to the Otoliths of Southern African Marine Fishes*. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology.
- STRANSKY, C., MACLELLAN, S. E., ET HØIE, H. (2008).** Otolith shape analysis as a tool for stock separation of saithe (*Pollachius virens*). *Fisheries Research*, 89(3), 250–255.
- THRESHER, R. E. (1999).** Elemental composition of otoliths as a stock delineator in fishes. *Fisheries Research*, 43(1–3), 165–204.
- TSAGARAKIS, K., PALIALEXIS, A., ET VASSILOPOULOU, V. (2014).** Mediterranean fishery discards: review of the existing knowledge. *ICES Journal of Marine Science*, 71(5), 1219–1234.
- TUSET, V. M., LOMBARTE, A., ET ASSIS, C. A. (2008).** Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*.
- UICN. (2020).** Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature.
- VIGNON, M., ET MORAT, F. (2010).** Environmental and genetic determinants of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. *Marine Ecology Progress Series*, 411, 231–241.
- WHITEHEAD, P.J.P., ET AL., (1986).** *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO.

Annexes

Tableau 1 : tailles minimales autorisées à la capture en Algérie selon le Journal Officiel.

Familles	Noms scientifiques	Tailles minimales (cm)
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	11
	<i>Sardinella aurita</i>	15
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	9
Lophiidae	<i>Lophius budegassa</i>	30
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i> <i>Mullus barbatus</i>	15
Triglidae	<i>Trigla cuculus</i>	17,5
	<i>Trigla obscura</i>	18
	<i>Trigla aspera</i>	12
	<i>Lepidotrigla dieuzeidei</i>	12
	<i>Trigla lucerna</i>	18
	<i>Trigla lyra</i>	18
Scorpaenidae	<i>Scorpaena scrofa</i>	20
	<i>Scorpaena porcus</i>	20
	<i>Hélicolenus dactylopterus</i>	15
Scyliorhinidae	<i>Scyliorhinus canicula</i>	50
Congridae	<i>Conger conger</i>	55
Zeidae	<i>Zeus faber</i>	30
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	20
Sparidae	<i>Pagellus bogaraveo</i>	
	<i>Boops boops</i>	15
	<i>Lithognathus mornyrus</i>	17
	<i>Pagrus pagrus pagrus</i>	20
	<i>Diplodus annularis</i>	14
	<i>Diplodus sargus</i>	15
	<i>Diplodus vulgaris</i>	15
	<i>Pegellus erythrinus</i>	15
	<i>Pagellus acarne</i>	15
	<i>Sparus aurata</i> ou <i>Chrysophrys aurata</i>	20
Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	15
	<i>Serranus hepatus</i>	10
	<i>Epinephelus guezza</i>	40
Carangidae	<i>Trachurus mediterraneus</i>	16
	<i>Trachurus picturatus</i>	17
	<i>Trachurus trachurus</i>	14
Belonidae	<i>Bolone belone</i>	25
Bramidae	<i>Brama brama</i>	18

Tableau 2 : intervalles bathymétriques des espèces marines issues des rejets de pêche.

Ordres	Familles (56)	Espèces (110)	Profondeurs min (m)	profondeurs max (m)
Kurtiformes	Anthiidae	<i>Anthias anthias</i>	30	358
Kurtiformes	Apogonidae	<i>Apogon imberbis</i>	10	200
Argentiniformes	Argentinidae	<i>Argentina sphyraena</i>	50	700
Pleuronectiformes	Bothidae	<i>Arnoglossus imperialis</i>	20	350
Pleuronectiformes	Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i>	10	200
Pleuronectiformes	Bothidae	<i>Arnoglossus rueppelli</i>	85	897
Beloniformes	Belonidae	<i>Belone belone</i>	2	22
Blenniiformes	Blenniidae	<i>Blennius ocellaris</i>	10	400
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Boops boops</i>	0	350
Pleuronectiformes	Bothidae	<i>Bothus podas</i>	15	400
Eupercaria incertae sedis	Callanthiidae	<i>Callanthias ruber</i>	50	500
Acanthuriformes	Caproidae	<i>Capros aper</i>	40	700
Squaliformes	Centrophoridae	<i>Centrophorus granulosus</i>	98	1700
Eupercaria incertae sedis	Cepolidae	<i>Cepola macrophthalma</i>	15	400
Perciformes	Triglidae	<i>Chelidonichthys cuculus</i>	15	400
Perciformes	Triglidae	<i>Chelidonichthys obscurus</i>	20	170
Chimaeriformes	Chimaeridae	<i>Chimaera monstrosa</i>	40	1400
Aulopiformes	Chlorophthalmidae	<i>Chlorophthalmus agassizii</i>	50	1000
Gadiformes	Macrouridae	<i>Coelorhynchus caelorhincus</i>	90	1485
Anguilliformes	Congridae	<i>Conger conger</i>	0	1171
Dactylopteriformes	Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>	1	100
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	0	90
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Diplodus sargus</i>	0	50
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	0	160
Rajiformes	Rajidae	<i>Dipturus sp</i>		
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Echelus myrus</i>	3	550
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0	400
Acropomatiformes	Epigonidae	<i>Epigonus constanciae</i>	160	742
Acropomatiformes	Epigonidae	<i>Epigonus denticulatus</i>	130	830
Perciformes	Epinephelidae	<i>Epinephelus caninus</i>	30	400
Squaliformes	Etmopteridae	<i>Etmopterus spinax</i>	70	2490
Gadiformes	Moridae	<i>Gadella maraldi</i>	150	900
Gadiformes	Gadidae	<i>Gadiculus argenteus</i>	100	1000
Carcharhiniformes	Pentanchidae	<i>Galeus melastomus</i>	55	1873
Argentiniformes	Argentinidae	<i>Glossanodon leioglossus</i>	110	400
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Gobius niger</i>	1	96
Perciformes	Sebastidae	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	50	1100
Hexanchiformes	Hexanchidae	<i>Hexanchus griseus</i>	0	2500
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Hippocampus guttulatus</i>	0	30
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Hippocampus hippocampus</i>	0	60
Trachichthyiformes	Trachichthyidae	<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	100	1408

Tableau 2 : intervalles bathymétriques des espèces marines issues des rejets de pêche (suite).

Ordres	Familles (56)	Espèces (110)	profondeurs min (m)	profondeurs max (m)
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Lampanyctus crocodilus</i>	0	1200
Perciformes	Trichiuridae	<i>Lepidopus caudatus</i>	42	620
Perciformes	Triglidae	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	30	450
Perciformes	Triglidae	<i>Lepidotrigla dieuzeidei</i>	60	596
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Lesueurigobius friesii</i>	10	130
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	150
Lophiiformes	Lophiidae	<i>Lophius budegassa</i>	70	1013
Lophiiformes	Lophiidae	<i>Lophius piscatorius</i>	20	1000
Syngnathiformes	Centriscidae	<i>Macroramphosus gracilis</i>	50	150
Syngnathiformes	Centriscidae	<i>Macroramphosus scolopax</i>	25	600
Pleuronectiformes	Soleidae	<i>Microchirus ocellatus</i>	30	300
Pleuronectiformes	Soleidae	<i>Microchirus variegatus</i>	20	400
Tetraodontiformes	Molidae	<i>Mola mola</i>	30	1515
Mulliformes	Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	10	328
Mulliformes	Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	5	409
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Myctophum punctatum</i>	0	1000
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Neogobius melanostomus</i>	0	30
Gadiformes	Macrouridae	<i>Nezumia aequalis</i>	200	2320
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Notoscopelus elongatus</i>	45	1000
Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Ophidion barbatum</i>	51	1456
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Ophisurus serpens</i>	5	300
Squaliformes	Oxynotidae	<i>Oxynotus centrina</i>	60	1309
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Pagellus acarne</i>	40	500
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Pagellus bogaraveo</i>	150	700
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Pagellus erythrinus</i>	20	300
Blenniiformes	Blenniidae	<i>Parablennius sanguinolentus</i>	0	5
Perciformes	Peristediidae	<i>Peristedion cataphractum</i>	50	848
Petromyzontiformes	Petromyzontidae	<i>Petromyzon marinus</i>	1	4099
Eupercaria incertae sedis	Haemulidae	<i>Pomadasyus incisus</i>	10	100
Rajiformes	Rajidae	<i>Raja asterias</i>	0	700
Rajiformes	Rajidae	<i>Raja miraletus</i>	17	462
Rajiformes	Rajidae	<i>Raja radula</i>	40	300
Rajiformes	Rajidae	<i>Raja sp</i>		
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	10	100
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i>	0	350
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Sarpa salpa</i>	5	70
Perciformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena elongata</i>	75	800
Perciformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena loppei</i>	50	200
Perciformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i>	10	700
Perciformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i>	5	800
Perciformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena scrofa</i>	20	500

Tableau 2 : intervalles bathymétriques des espèces marines issues des rejets de pêche (fin).

Ordres	Familles (56)	Espèces (110)	profondeurs min (m)	profondeurs max (m)
Carcharhiniformes	Scyliorhinidae	<i>Scyliorhinus canicula</i>	10	780
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	5	500
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus hepatus</i>	5	100
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	5	150
Pleuronectiformes	Soleidae	<i>Solea solea</i>	0	150
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Sparus aurata</i>	1	150
Carangaria incertae sedis	Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i>	0	100
Carangaria incertae sedis	Sphyraenidae	<i>Sphyraena viridensis</i>	0	100
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Spicara maena</i>	30	130
Eupercaria incertae sedis	Sparidae	<i>Spicara smaris</i>	15	328
Squaliformes	Squalidae	<i>squalus blainville</i>	15	1500
Stomiiformes	Stomiidae	<i>Stomias boa</i>	200	2173
Pleuronectiformes	Cynoglossidae	<i>Symphurus nigrescens</i>	20	1140
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Syngnathus typhle</i>	1	20
	Synodontidae	<i>synodus saurus</i>		
Torpediniformes	Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i>	2	370
Torpediniformes	Torpedinidae	<i>Torpedo nobiliana</i>	2	800
Torpediniformes	Torpedinidae	<i>Torpedo torpedo</i>	2	400
Perciformes	Trachinidae	<i>Trachinus araneus</i>	1	100
Perciformes	Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	1	150
Carangiformes	Carangidae	<i>Trachurus mediterraneus</i>	0	500
Carangiformes	Carangidae	<i>Trachurus picturatus</i>	305	370
Carangiformes	Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	0	1050
Gadiformes	Macrouridae	<i>Trachyrincus scabrus</i>	395	1700
Perciformes	Triglidae	<i>Trigla lucerna</i>	20	318
Perciformes	Triglidae	<i>Trigla lyra</i>	5	700
Beloniformes	Belonidae	<i>Tylosurus acus</i>	0	250
Perciformes	Uranoscopidae	<i>Uranoscopus scaber</i>	15	400
Zeiformes	Zeidae	<i>Zeus faber</i>	5	400

Tableau 3 : questionnaire sur le contexte des rejets de la pêche en Algérie.

Questionnaire
- L'Algérie dispose-t-elle d'une stratégie nationale pour la gestion ou la réduction des rejets de pêche ?
- Existe-t-il en Algérie des initiatives pour la valorisation des rejets de pêche ?
- Selon vous, les rejets de pêche sont-ils pris en compte dans les statistiques officielles des captures ?
- L'administration algérienne considère-t-elle les rejets de pêche dans la planification de la gestion halieutique ?
- Pensez-vous que les rejets de pêche devraient être utilisés à des fins de valorisation (farine, huile, alimentation animale, etc.) en terme de l'économie bleu ?
- Connaissez-vous des projets ou programmes algériens visant à valoriser les rejets de pêche ?
- Avez-vous déjà assisté à des séances de sensibilisation ou de formation sur les rejets de pêche ?
- Selon vous, les pêcheurs algériens sont-ils suffisamment informés sur les impacts des rejets et leur poids économiquement parlent ?
- Quelles actions l'Algérie devrait-elle prioriser concernant les rejets de pêche ?
- L'Algérie participe-t-elle, selon vous, à des projets internationaux (comme ceux de la FAO) concernant la valorisation ou la gestion des rejets de pêche ?
- Selon vous, le Ministère de la Pêche devrait-il collaborer avec des écoles comme l'ENSSMAL pour développer des projets sur la valorisation des rejets de pêche ?
- La législation ; la réglementions pour les rejets de pêche
- La connaissance des espèces de rejet qui se trouve ou niveau de l'Algérie
- Encourager les innovations dans la transformation des rejets (aquaculture, pharma, appât....) - Les campagnes océanographiques (partager les données, grande participation et surtout avoir l'information exacte).



Hoplostethus mediterraneus



Macroramphosus scolopax



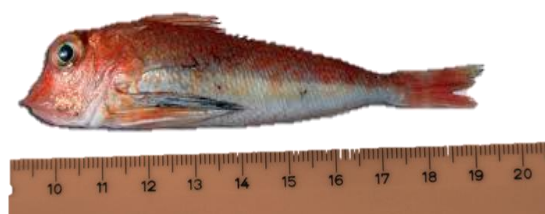
Epigonus denticulatus



Lampanyctus crocodilus



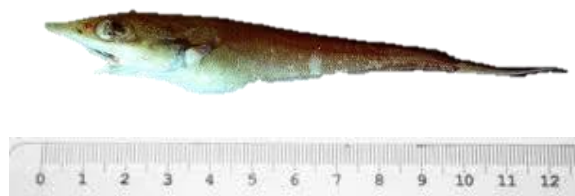
Capros aper



Lepidotrigla cavillone



Gadella maraldi



Trachyrincus scabrus



Coelorhynchus caelorhynchus



Stomias boa

Planches 1 : quelques exemples illustrés d'Osteichthyens identifiés dans les rejets de pêche (échelle : 1 cm).

Contributions à l'élaboration d'un Atlas des otolithes des poissons marins observés le long de la côte algérienne.

Résumé

Ce mémoire vise à recenser et à valoriser les rejets de pêche observés sur le littoral algérien, à travers une double approche combinant l'étude de la diversité taxonomique des espèces rejetées, et l'élaboration d'un atlas otolithique inédit. L'étude a été menée dans trois régions clés : Annaba (Est), Bou Ismaïl (Centre) et Ghazaouet (Ouest). La richesse varie selon les régions, avec un pic d'abondance à l'Ouest avec 71 espèces, contre 42 au Centre et 38 à l'Est, de la biomasse rejetée. Une part centrale et originale de ce travail a été consacrée à la création d'un atlas des otolithes, véritable outil scientifique au service de l'identification des espèces. Ce volet a consisté en la description fine des otolithes, selon des critères morphologiques normalisés : forme générale (ovale, triangulaire, allongée, rectangulaire...), présence et orientation du sulcus, bordures et aspects des faces interne et externe. Enfin, ce mémoire met en lumière les opportunités de valorisation des rejets de pêche, et souligne la nécessité d'une meilleure gestion de ces ressources oubliées, dans une perspective de durabilité et de valorisation intégrée de la biodiversité halieutique.

Mot clé : rejets de pêche, Algérie, diversité, otolithe, atlas, valorisation.

مساهمات في إعداد أطلس لعظيّمات أسماك البحر المرصودة على طول الساحل الجزائري

ملخص

يهدف هذا البحث إلى جرد وتثمين المرميات الصيدية على طول الساحل الجزائري، من خلال مقارنة مزدوجة تجمع بين دراسة التنوع التصنيفي للأنواع المهملة، وإعداد أطلس فريد للعظيّمات السمعية (الأوتوليثات). وقد تم تنفيذ الدراسة في ثلاث مناطق رئيسية هي: عنابة (شرقاً)، بواسماعيل (وسطاً)، والغزوات (غرباً)، حيث أظهرت النتائج تبايناً في الثروة الحيوية حسب المناطق إذ سُجل أعلى تنوع في الغرب بـ 71 نوعاً، مقابل 42 نوعاً في الوسط، و38 نوعاً في الشرق من الكتلة الحيوية المهملة. خُصص جزء محوري من هذا العمل لوضع أطلس الأوتوليثات، باعتباره أداة علمية دقيقة تساعد على تحديد الأنواع، وقد تضمن هذا الجانب وصفاً تفصيلياً للعظيّمات السمعية وفق معايير مورفولوجية موحدة، تشمل الشكل العام (بيضاوي، مثلثي، مستطيل ممدود...)، وجود الأخدود واتجاهه، إضافة إلى خصائص حواف السطحين الداخلي والخارجي. ويسلط هذا البحث الضوء على إمكانيات تثمين المرميات الصيدية، ويؤكد على ضرورة تحسين آليات إدارتها، ضمن منظور يستند إلى مبادئ الاستدامة والتثمين

المتكامل للتنوع البيولوجي

الكلمات المفتاحية : المرميات الصيدية، الجزائر، التنوع، العظيّمات السمعية (الأوتوليثات)، الأطلس، التثمين

Contributions to the Development of an Otolith Atlas of Marine Fish Observed along the Algerian Coast

This thesis aims to inventory and enhance the value of fishing discards observed along the Algerian coastline, through a dual approach combining the study of the taxonomic diversity of discarded species and the development of an original otolith atlas. The study was conducted in three key regions: Annaba (East), Bou Ismaïl (Center), and Ghazaouet (West). Species richness varies by region, with a peak in abundance in the West with 71 species, compared to 42 in the Center and 38 in the East, based on the discarded biomass. A central and original part of this work was dedicated to the creation of an otolith atlas — a true scientific tool serving species identification. This component involved a detailed description of otoliths based on standardized morphological criteria: general shape (oval, triangular, elongated, rectangular...), presence and orientation of the sulcus, edges, and the appearance of the inner and outer surfaces. Finally, this thesis highlights the opportunities for the valorization of fishing discards and emphasizes the need for better management of these forgotten resources, from a perspective of sustainability and integrated enhancement of fishery biodiversity.

Keywords : fishing discards, Algeria, diversity, otolith, atlas, valorization.