

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 للعلوم والبحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Halieutique

Thème :

**Contribution à l'étude des Triglidae (Actinopteri,  
Perciformes) de la côte algérienne : morphométrie  
géométrique et analyse du contour de l'opercule**

Présenté par :

**MECHOUAT KHADRA**

Soutenu le 06/11/2021 devant la commission de jury :

<b>M. KASSAR A.</b>	<b>M. A. A</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Président</b>
<b>Mme BOUFERSAOU S.</b>	<b>M. C. B</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme AINOUCHE n.</b>	<b>Attaché de recherche</b>	<b>CNRDPA</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M. FILALI T.</b>	<b>Attaché de recherche</b>	<b>CNRDPA</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mme LADOUL S.</b>	<b>M. A. A</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Co-Promotrice</b>

Année universitaire : 2020 / 2021

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 :

**Contribution à l'étude des Triglidae (Actinopteri, Perciformes) de la côte algérienne : morphométrie géométrique et analyse du contour de l'opercule**

Présenté par :

**MECHOUAT KHADRA**

Soutenu le 06/11/2021 devant la commission de jury :

<b>M. KASSAR A.</b>	<b>M. A. A</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Président</b>
<b>Mme BOUFERSAOU S.</b>	<b>M. C. B</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme AINOUCHE N.</b>	<b>Attaché de recherche</b>	<b>CNRDPA</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M. FILALI T.</b>	<b>Attaché de recherche</b>	<b>CNRDPA</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mme LADOUL S.</b>	<b>M. A. A</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Co-Promotrice</b>

**Année universitaire : 2020 / 2021**



## REMERCIEMENTS

*Au terme de ce travail, Je souhaite remercier l'ensemble des membres du jury qui ont accepté de regarder de près ce travail en sacrifiant de leurs temps.*

*J'exprime mes remerciements à M. KASSAR A. qui a eu l'amabilité de présider ce jury, en dépit de ses nombreuses occupations.*

*Mme BOUFERSAOUI S., pour avoir accepté d'examiner ce travail. Qu'elle trouve également dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance. Je salue sa rigueur scientifique qui attribuera de l'importance à ce mémoire.*

*Mes remerciements vont également à Mme AINOUCHE N. pour avoir pris le temps d'examiner ce travail, et d'apporter ses critiques constructives.*

*Mme LADOUL S., Maître-assistant A à l'ENSSMAL, qui, malgré ses innombrables occupations, a accepté de coopérer à mon encadrement pour réaliser ce mémoire. J'ai pu apprécier au cours de mon cursus universitaire sa dimension scientifique. J'en profite pour lui exprimer ici ma plus profonde gratitude et mon profond respect.*

*M FILALI T., Attaché de recherche au CNRDPA et Doctorant à l'ENSSMAL, qui par la proposition de ce sujet, m'a permis de pratiquer mes connaissances académiques acquises pendant mon cursus universitaire sur terrain ; sans oublier sa précieuse contribution à la réalisation de ce travail. Par son encadrement, ses conseils et sa disponibilité, il a contribué à ma formation et il m'a fait bénéficier, de son expérience et de ses connaissances judicieuses. Je lui suis profondément reconnaissante.*

*Un grand merci pour ma chère mère et grand-mère, ma sœur, mon frère, mes tantes, mes oncles et mes amis qui ont toujours été à mes côtés et qui m'ont toujours encouragé*

## LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Carte des trois secteurs Ouest (A), Centre (B) et Est (C) du bassin algérien (Filali, 2014).....	5
Figure I.2. Morphologie générale d'un représentant de Triglidae.....	6
Figure I.3. <i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758).....	8
Figure I.4. <i>Chelidonichthys cuculus</i> (Linnaeus, 1758).....	8
Figure I.5. <i>Chelidonichthys obscurus</i> (Linnaeus, 1764).....	9
Figure I.6. <i>Chelidonichthys lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788).....	10
Figure I.7. <i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacepède, 1801).....	11
Figure I. 8. <i>Lepidotrigla dieuzeidei</i> (Blanc et Hureau, 1973).....	11
Figure I.9. <i>Trigla lyra</i> (Linnaeus, 1758).....	12
Figure I.10. <i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758) par Fischer et al. (1987).....	13
Figure I. 11. Vues dorsale et ventrale du Neurocrâne de <i>C. lucerna</i> .....	14
Figure I. 12. Vue gauche du crane d'un triglidé (Gregory, 2002 ; modifiée) .....	15
Figure II. 1. Trait de pêche des triglidés (ALDEM 2019).....	17
Figure II. 2. Arc operculaire d'un triglidé et la pièce opercule (Gregory, 2002 ; modifié).....	18
Figure II. 3. Les points repères homologues digitalisés pour l'opercule gauche des triglidés.....	20
Figure II. 4. Etapes d'analyse de la morphométrie géométrique.....	21
Figure II. 5. Etape de l'analyse du contour des pièces.....	24
Figure III. 1. Neurocrâne (en haut) et série operculaire (en bas) d'un triglidé de la côte algérienne .....	29
Figure III. 2. Opercule gauche d'un triglidé ( <i>C. lucerna</i> , LT : 23.1 cm, sexe : F).....	30
Figure III. 3. Pièces opercule gauche des triglidés de la côte algérienne.....	31
Figure III. 4. Alignement des points homologues et la forme moyenne de l'opercule des triglidés de la côte algérienne.....	32
Figure III. 5. Superposition de la forme d'opercule des différentes espèces à la forme moyenne de la famille des triglidés.....	33
Figure III. 6. AFD de la forme de l'opercule gauche interne des Triglidae.....	35
Figure III. 7. Probabilité d'appartenance des individus aux différents groupes après analyse discriminante (Cross validation) .....	35
Figure III. 8. Boîte à moustaches des indices et données de mesures de l'opercule gauche des triglidés de la côte algérienne.....	37
Figure III. 9. AFD des descripteurs de Fourier de l'opercule gauche interne des Triglidae.....	40
Figure III. 10. Probabilité d'appartenance des individus aux différents groupes après analyse discriminante (Cross validation).....	41

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau III. 1. Nombres d'opercules collectés par espèce.....	28
Tableau III. 2. Résultat de test ANOVA effectué sur la forme des opercules de triglidés.....	34
Tableau III. 3. Données de mesures de l'opercule gauche des triglidés.....	36
Tableau III. 4. Résultat du test ANOVA effectué les données de mesure.....	38
Tableau III. 5. Résultat du test de Scheffe effectué sur le rapport surface/la longueur.....	38
Tableau III. 6. Résultat du test de Scheffe effectué sur le rapport périmètre/longueur.....	38
Tableau III. 7. Résultat du test de Scheffe effectué sur le rapport largeur/la longueur.....	39
Tableau III. 8. Test ANOVA du contour à partir des descripteurs de Fourier.....	39
Tableau III. 9. Vecteur propre de l'AFD effectuée sur les résidus des descripteurs de Fourier.....	40

## LISTE DES ABREVEATION

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

ALDEM : Campagne d'évaluation des ressources démersales ALgérie DEMersales

TNPC : Traitement numérique des structures calcifiées

GPA : Analyse Procrustéenne Générale

EFD : Descripteurs d'Elliptiques de Fourier

ANOVA : Analyse de variances

Ho : hypothèses nulles

H1 : Hypothèse rivale

AFD : Analyse factoriel discriminante

CVRM : Laboratoire de conservation et valorisation des ressources marines

EFA : L'analyse des ellipses de Fourier

FFT : Transformées de Fourier Rapide ou Fast Fourier Transform

CFD : descripteurs de Fourier complexes

FP : puissance de Fourier

GM : Morphométrie Géométrique

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I. GENERALITES</b> .....	<b>5</b>
1. Présentation de la zone d'étude .....	<b>5</b>
2. Présentation de la famille des Triglidae.....	<b>5</b>
2.1. Caractères généraux.....	<b>5</b>
2.2. Position systématique de la famille des Triglidae.....	<b>6</b>
2.3. Caractères d'identification des espèces étudiées.....	<b>7</b>
3. Aperçu sur l'ostéologie du crâne des triglidés.....	<b>13</b>
3.1. Le neurocrâne.....	<b>13</b>
3.2. Le splanchnocrâne.....	<b>14</b>
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES</b>	
1. Échantillonnage.....	<b>17</b>
2. Prélèvement et traitement des pièces osseuses.....	<b>18</b>
3. Etude de la morphométrie géométrique de l'opercule.....	<b>19</b>
3.1. Digitalisation des images des opercules.....	<b>20</b>
3.2. Superposition des formes.....	<b>21</b>
4. Analyse du contour de l'opercule .....	<b>22</b>
4.1. Extraction des descripteurs de la forme.....	<b>23</b>
4.2. Extraction des données de mesures.....	<b>25</b>
5. Analyse statistique.....	<b>25</b>
5.1. Analyse des variances ANOVA.....	<b>25</b>
5.2. Analyse factoriel discriminante (AFD) .....	<b>26</b>
<b>CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
1. Echantillonnage.....	<b>28</b>
2. Prélèvement des pièces.....	<b>28</b>
3. . Description de l'opercule de la famille de Triglidae.....	<b>29</b>
4. Morphométrie géométrique de l'opercule.....	<b>31</b>
4.1. Superposition des formes alignées.....	<b>31</b>
4.2. Analyse factorielle discriminante.....	<b>34</b>
5. Analyse du contour de l'opercule.....	<b>36</b>
5.1. Analyse des données de mesure.....	<b>36</b>
5.1. Analyse des descripteurs de la forme.....	<b>39</b>

<b>CONCLUSION.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>46</b>

# Introduction

## **Introduction**

La famille des triglidés est parmi les familles qui ont faits l'objet de peu d'études systématique dans le bassin algérien (Allali, 1991, Handjar, 2009, Benabdelmoumen, 2016, Djebar, 2016). L'étude de la systématique de cette famille dans les précédents travaux s'est basée sur la morphométrie classique. Cette dernière se base sur la comparaison de distances linéaires entre les points homologues de différents objets (dans notre cas les corps du poisson). Elle présente cependant de nombreux inconvénients ; ce qui explique qu'elle a ensuite évolué vers la morphométrie géométrique. Toudert (2020), utilisant la morphométrie géométrique de la face externe du neurocrâne, a signalé la difficulté de discrimination des espèces de la famille.

Benabdelmoumen (2016) a signalé les difficultés rencontrées lors de l'étude morphométrique des pièces osseuses. Les inconvénients rencontrés en morphométrie classique sont liés aux mesures des nombreuses distances linéaires. Ces distances mesurées sont fortement corrélées à la taille des individus, ce qui nécessitait l'utilisation de rapports de distances (indices) pour éliminer l'effet de la taille, mais ça entraînera nécessairement des imprécisions importantes, les relations géométriques entre les variables ne sont pas conservées, ce qui rend impossible la discrimination des espèces à base des pièces présentant des variations inter et intraspécifique.

La morphométrie géométrique a été développée afin de pallier ces limites, en conservant et comparant très précisément les configurations de différents objets (Perrard, 2012). A l'instar de la morphométrie classique, dont elle dérive, la morphométrie géométrique est utilisée en biologie comparative. Elle permet d'étudier les variations morphologiques entre les espèces. Les objectifs de la morpho-géométrie sont d'une part, d'identifier les homologues ou les variations morphologiques entre différentes espèces, d'autre part de déterminer la phylogénie des espèces étudiées, c'est-à-dire d'établir les relations de parenté entre ces espèces. Cependant, à la différence de la morphométrie classique, la morpho-géométrie va considérer la forme, indépendamment de la taille de l'objet d'étude et va s'attacher à la conformation géométrique de cet objet (Kendall, 1977). Deux approches sont utilisées en morphométrie géométrique : l'étude par contour ou par points de repère.

Notons que les pièces osseuses diffèrent d'une espèce à l'autre et cela après des milliers d'années d'évolution. La boîte crânienne étant composée d'un grand nombre de structures osseuses elle présente plus d'intérêt que le squelette axial, ceci servira à vérifier le dimorphisme observé au niveau de quelques pièces osseuses crâniennes (Hanjar, 2009).

Plusieurs études descriptives des pièces osseuses chez les poissons ont été abordées auparavant, nous pouvons citer Aprieto (1974) sur certaines espèces de Carangidae, Sato et *al.* (1988) sur les Clupeidae, et De La Cruz-Aguero et Chollet-Villalpando (2012) sur différentes espèces de Gerreidae. Cependant, dans la plupart des études, les informations quantitatives sont très limitées, bien qu'elles soient souvent diagnostiques (Chollet-Villalpando et *al.*, 2014) et variables (Kusaka, 1974; Esmacili et Teimori, 2006).

D'autres étude quantitative basé sur le contour des otolithes (Kuhl and Giardina, 1982 ; Tuset et *al.*, 2003 ; Stransky et MacLellan, 2005 ; Agüera et Brophy , 2011 ; Libungan et Pálsson, 2015). Cette technique est validée par le conseil international de l'exploitation de la mer (CIEM, 2018) comme méthode de discrimination des stocks. Vu que cette technique d'analyse du contour a été validé pour la discrimination des sous populations de la même espèce, nous avons entamé ce thème qui vise à élargir l'utilisation de la technique de morphométrie géométrique sur des pièces osseuses autre que l'otolithe.

Dans le but de répondre aux questions soulevées nous nous sommes intéressés à, une approche qui étudie les variations morpho-géométrique de l'opercule de différentes populations des espèces de la famille pêchées le long de la côte algérienne. Les données de campagne d'évaluation des ressources halieutique démersale (ALDEM-2016 et 2019) sont utilisées. Le présent travail s'articule sur trois principaux volets :

- Une synthèse bibliographique ;
- Une étude morpho-géométrique de l'opercule par les deux approches basées sur les points de repère homologues (landmark) et l'analyse des descripteurs du contour à l'aide des Elliptiques de Fourier ;
- Une analyse statistique multidimensionnelle.

# CHAPITRE I. GENERALITES

## 1. Présentation de la zone d'étude

La côte algérienne s'étend sur 1622 km de Marsat Ben-Mhidi ou Ghazaouet  $35^{\circ} 11'38''N$   $1^{\circ} 51'37''W$  jusqu'à El-Kala  $36^{\circ} 53' 44'' N$   $8^{\circ} 26'36'' E$ .

La superficie maritime sous juridiction nationale offre environ 10 millions d'hectares aux activités de pêche, mais la majeure partie de la flottille exploite seulement le plateau continental. Les bandes les plus larges se situent sur les côtés occidentale et orientale du littoral. Ces deux bandes sont séparées par une zone centrale où les aires de pêche sont limitées (Hemida, 2005). La côte algérienne se répartie en trois grands secteurs (Fig I. 1) :

- le secteur occidental de la frontière algéro-marocaine jusqu'à Ténès,
- le secteur central de Ténès à Dellys,
- le secteur oriental de Dellys jusqu'à la frontière algéro-tunisienne.

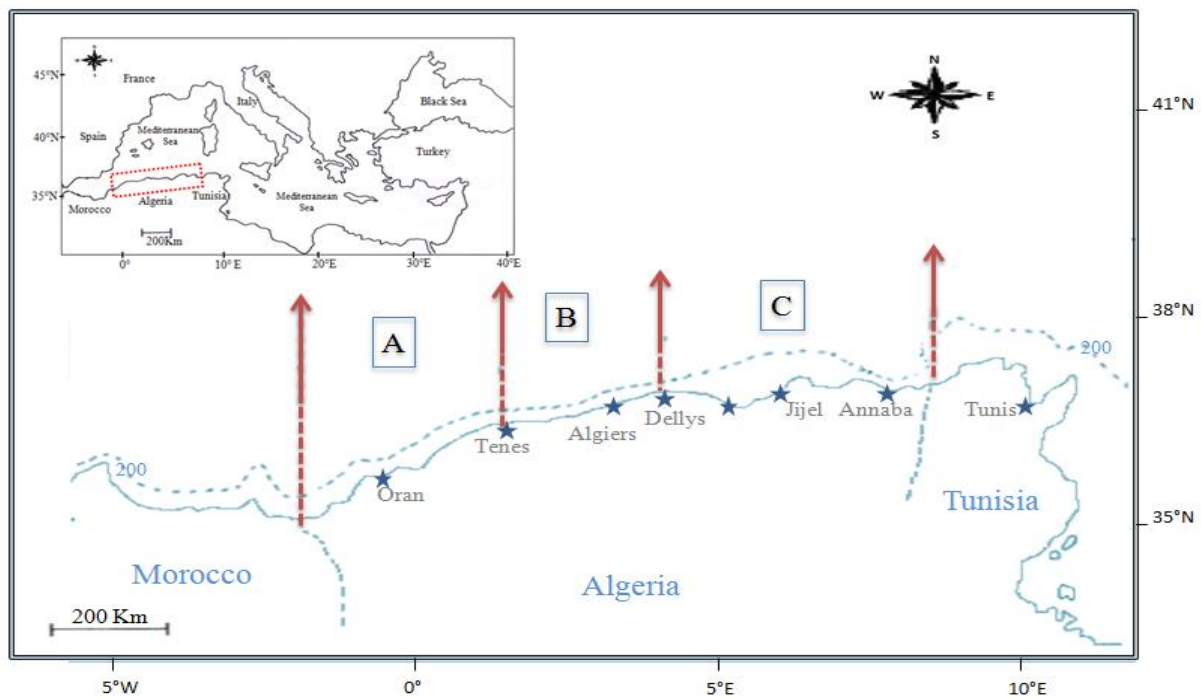


Figure I.1. Carte des trois secteurs Ouest (A), Centre (B) et Est (C) du bassin algérien (Filali, 2014)

## 2. Présentation de la famille des Triglidæ

### 2.1. Caractères généraux

La présente description des représentants de la famille des Triglidæ se base sur la synthèse des travaux de Dieuzeide et *al.* (1955), Bauchot et Pras (1980) et Fischer et *al.* (1987).

Les triglidés sont des poissons à corps cône ; effilé vers l'arrière et trapu au niveau de la tête, deux nageoires dorsales : L'antérieure épineuse (8-11 rayons) est plus courte que la postérieure, molle (13-19 rayons) ; la base des deux dorsales est bordée de scutelles acérées.

Les trois rayons inférieurs des nageoires pelviennes sont en position thoracique. Les écailles recouvrent tout le corps et s'élargissent comme des scutelles sur la ligne latérale chez quelques espèces. La tête est armée de crête et d'épines ; le museau abrupt est dans la majorité des cas partagé en deux lobes denticulés ; bouches villiformes aux deux mâchoires et parfois sur la voûte buccale.

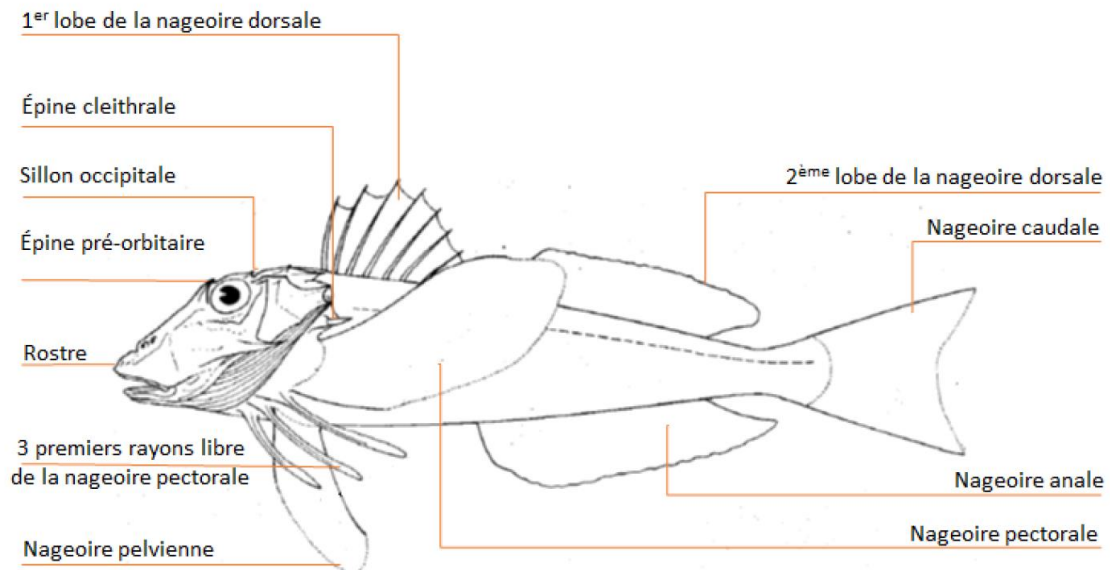


Figure I.2. Morphologie générale d'un représentant de Triglidæ

Se trouvent généralement sur le plateau continental entre 80 et 200 m, sur des fonds sableux, vaseux, détritique ou de rocheux. Après une phase pélagique, les juvéniles migrent vers le fond et vers les eaux plus littorales (Fischer et *al.* 1987 ; Bauchot et Pras, 1980)

## 2.2. Position systématique de la famille des Triglidæ

En Méditerranée, huit espèces de triglidés ont été signalé par plusieurs auteurs (Dieuzeide et *al.*, 1955 ; Bauchot et Pras, 1980 et Fischer et *al.*, 1987). Ils les regroupaient dans l'ordre des Scorpaeniformes avec cinq genres : *Aspitrigla*, *Eutrigla*, *Lepidotrigla*, *Trigla* et *Trigloporus*.

La classification actuelle mise à jour par (Van der Laan et *al.* 2021) a permis d'affecter la famille des Triglidæ à l'ordre des Perciformes. Ses espèces sont regroupées seulement en quatre genres : *Chelidonichthys*, *Eutrigla*, *Lepidotrigla* et *Trigla*. Les espèces du genre *Aspitrigla*, *Trigloporus* et *Trigla lucerna* sont regroupées actuellement dans le genre *Chelidonichthys*.

Cette classification phylogénétique la plus récente (Van der Laan *al.* 2021) est la suivante :

**Règne :** Animalia

**Phylum :** Chordata

**Sous-phylum :** Vertebrata

**Super-classe :** Actinopterygii

**Classe :** Actinopteri

**Ordre :** Perciformes

**Famille :** Triglidae

**Genres :** *Chelidonichthys* kaup, 1873

*Eutrigla* Fraser-Brunner, 1938

*Lepidotrigla* Gunther, 1860

*Trigla* Linnaeus, 1758

**Espèces :** *lucerna* Linnaeus, 1858

*cuculus* Linnaeus, 1758

*obscurus* Walbaum, 1792

*lastoviza* Bonnaterre, 1788

*gurnardus* Linnaeus, 1758

*dieuzeidei* Blanc et Hureau, 1973

*cavillone* Lacepède, 1801

*lyra* Linnaeus, 1758

### 2.3. Caractères d'identification des espèces étudiées

Le présent travail a été réalisé sur l'ensemble des espèces de triglidés disponibles sur le marché algérien et capturés lors des campagnes scientifiques.

La description des espèces adoptée dans ce travail est à l'origine des différentes descriptions mentionnées dans les travaux de plusieurs auteurs (Dieuzeide et *al.*, 1955 ; Bauchot et Pras, 1980; Fischer et *al.*, 1987 ; Allali, 1991 ; Handjar, 2009 et Patrick, 2015).

#### 2.3.1. *Chelidonichthys lucerna* (Linnaeus, 1758)

Son museau est incliné et large avec un rostre faiblement échancré et finement denticulé, écailles de la ligne latérale petites et lisses au touché, épine cleithrale réduite, nageoires pectorales dépassant largement les premiers rayons de l'anale, présence de sillon occipitale lisse. Avec une taille commune entre 20 et 40 cm, elle est colorée du brun rougeâtre, parfois marbré sur le dos, ventre clair, face interne des pectorales bleues nuit tachetées de sombre et de blanc.

Généralement rencontré sur des fonds de divers natures sableux, sablo-vaseux et graviers sur le plateau continental de la côte jusqu'à la pente supérieure du talus, à 300 m de profondeur, surtout entre 50 et 200 m et elle peut nager en surface en été. Sa période de ponte entre décembre et avril. Se nourrit de crustacés de mollusques et de petits poissons.



Figure I.3. *Chelidonichthys lucerna* (Linnaeus, 1758)

**Synonymes valides** *Trigla hirundo* (Linnaeus, 1758), *Trigla corvus* (Rafinesque, 1810).

**Noms Locaux :** Galinette (centre, Est d'Algérie), Garneo, Manarma (Ouest d'Algérie), Grondin perlon et grondin rouget (France) et Bacamarte ou cabra-cabaço (Portugal).

### 2.3.2. *Chelidonichthys cuculus* (Linnaeus, 1758)

Cette espèce est caractérisée par un rostre peu développé, faible échancrure du museau, épine cleithrale courte, écaille de la ligne latérale en plaques très hautes et étroites, remontant presque jusqu'à la base des dorsales. Sa coloration est rouge vif, ventre pâle, pectorales et dorsales jaunâtres. Sa taille commune en Méditerranée varie entre 10 et 25 cm



Figure I.4. *Chelidonichthys cuculus* (Linnaeus, 1758)

Espèce benthique peuplant les fonds détritiques du plateau continental et plus rarement la partie supérieure du talus, de 15 à 400 m, surtout de 50 à 180 m, plus près de la côte en été. Elle se reproduit entre janvier et juillet. Sa nourriture est composée principalement de crustacés, de mollusques et petits poissons.

**Synonymes** : *Trigla cuculus* (Linnaeus, 1758), *Trigla pini* (Bloche, 1793)

**Noms locaux** : Galinette au Centre et à l'Est, Borraco à l'Ouest, Gordin rouge (France), Cobra vermelha (Portugal).

### 2.3.3. *Chelidonichthys obscurus* (Linnaeus, 1764)

Son rostre peu échancré avec une denticulation faible, les écailles de la ligne latérale sont relativement basses et sans épines, son épine cleithrale est courte, deuxième épine de la première dorsale filamenteux et plus allongée que les autres. Dos coloré du rouge, flancs rose irisé, ventre pâle et les pectorales de couleur bleu foncé. Longueur totale commune entre 15 à 20 cm.



Figure I.5. *Chelidonichthys obscurus* (Linnaeus, 1764)

Répartis sur des fonds mous, déritique et herbiers des eaux côtière jusqu'à 150 m de profondeur. Effectuant des migrations hivernales vers le large et estivales vers la côte, elle se reproduit au printemps et se nourrit généralement de crustacés, mollusques et petits poissons.

**Synonymes valides** : *Trigla obscura* Walbum, 1792.

**Noms Locaux** : Galinette (centre, Est), Garneo, Manarma (Ouest), Grondin sombre, Gordin Morrude (France) et Cabra-de-bandeira (Portugal).

### 2.3.4. *Chelidonichthys lastoviza* (Bonnaterre, 1788)

Le museau de *T. lastoviza* est arrondi avec un rostre lisse non denticulé ou pourvu de quelques petits dents, épine cleithrale courte, corps couvert de plis cutanés transversaux entourant presque entièrement le corps, pectorale longue dépasse largement l'origine de l'anal et munie de 3 à 4 épines prés orbitaire.



Figure I.6. *Chelidonichthys lastoviza* (Bonnaterre, 1788)

Communément de 10 à 20 cm de taille avec un dos rouge, ventre clair, taches sombres sur la tête et le dos, pectorales grisâtres avec des points bleu foncé.

Elle fréquente les fonds vaseux ou sablo-vaseux du plateau continental jusqu'à la limite du talus De 20 à 240 m, surtout de 40 à 120 m. Ponde au printemps et en été, se nourrit de petits crustacés.

**Synonymes :** *Trigla lastoviza* (Bonnaterre, 1788), *Trigla lineata* (Gmelin, 1789),

**Noms Locaux :** Galinette (Algérie centre, Est), Borraco, Gronda (Algérie Ouest), Grondin camard, Grondin strié et Grondin rouge (France), Ruivo-do-cabo-Branco et Cabra-riscada (Portugal).

### 2.3.5. *Lepidotrigla cavillone* (Lacepède, 1801)

Elle est caractérisée par un museau court avec un rostre moyennement échancré muni sur chaque lobe d'une dent latérale plus longue que les autres, sillon occipital bien marqué, corps plus haut qu'épais, épine cleithrale moyennement développée, ligne latérale recouverte d'écailles lisse sans épines, écailles du corps grande d'aspect rugueux, présence de deux épines prés orbitaire (en avant de l'œil), absence de dents vomérienne,

La taille commune de cette espèce en méditerranée est comprise entre 8 et 15 cm. Le corps est coloré du rose ou gris rosé, pectorales bleus noirâtres.

Elle est très abondante sur divers fonds de sablo-vaseux à durs du bord du plateau continental et de la partie supérieure du talus (200 - 600 m). Les jeunes individus se répartissent sur le plateau continental à partir de 25 - 30 m. concernant son régime alimentaire, *L. cavillone* se nourrit des crustacés, surtout mysidacés et amphipodes.



Figure I.7. *Lepidotrigla cavillone* (Lacepède, 1801)

**Synonymes :** *Lepidotrigla cavillone* (Lacepède, 1801)

**Noms Locaux :** Galinette (centre, Est), Borraco et Grondin (Ouest), Cavillone commun, Grondin cavillon et Grondin dentelé (France), Ruivo (Portugal).

### 2.3.6. *Lepidotrigla dieuzeidei* (Blanc et Hureau, 1973)

Le museau de *L. dieuzeidei* est court avec un rostre peu échancré armé de dents rostrales subégales sur chaque lobe, le sillon occipital est peu marqué, absence d'épines en avant de l'œil, écailles du corps grande d'aspect lisse, présence de dents vomérienne et la cavité branchiale de couleur jaune. La couleur du corps est caractérisée par un dos rouge, ventre pâle et les pectorales sont noirâtres.



Figure I. 8. *Lepidotrigla dieuzeidei* (Blanc et Hureau, 1973)

**Synonymes :** *Lepidotrigla dieuzeidei* (Blanc et Hureau, 1973)

**Noms Locaux :** Galinette (centre, Est Algérie), Borraco et Grondin (Ouest), Cavillone lisse, Grondin de Dieuzeide (France), Ruivo-espinhoso (Portugal).

### 2.3.7. *Trigla lyra* (Linnaeus, 1758)

Son museau en rostre avancé et aplatie fortement échancre à lobes dentelés, l'épine cleithrale est très forte et très longue (1/2 de pectorale), la ligne latérale formée des calles tubuleuses, pectorale dépasse largement l'origine de l'anal, l'orbite est grand armé en avant d'un fort aiguillon. Le dos est rouge, le ventre pâle avec présence de tache sombre au milieu de la queue



Figure I.9. *Trigla lyra* (Linnaeus, 1758)

Avec une taille commune de 10 à 40 cm, elle peuple les fonds accidentés du bord du plateau continental et de la partie supérieure du talus jusqu'à 700 m de profondeur. Elle se reproduit en été et se nourrit d'invertébrés (crustacés, échinodermes, mollusques et polychètes) et de poissons.

**Synonymes :** *Trigla lyra* (Linnaeus, 1758).

**Noms Locaux :** Galinette (centre, Est), Borraco et Grondin (Ouest), Grondin lyre et Grondin-lyre (France), Cobra et Cobra-lira (Portugal).

### 2.3.8. *Eutrigla gurnardus* (Linnaeus, 1758)

Le grondin gris est une espèce disparue des côtes algériennes depuis 1984, repérée par des espagnols en 2004 dans la région ouest au cours de la campagne VISCONTI DE ESA. Notre étude ne comporte donc pas d'individus de cette espèce reconnaissable à sa ligne latérale munie de grandes écailles à bord libre denticulé armées d'une épine médiane (Fischer et al., 1987).

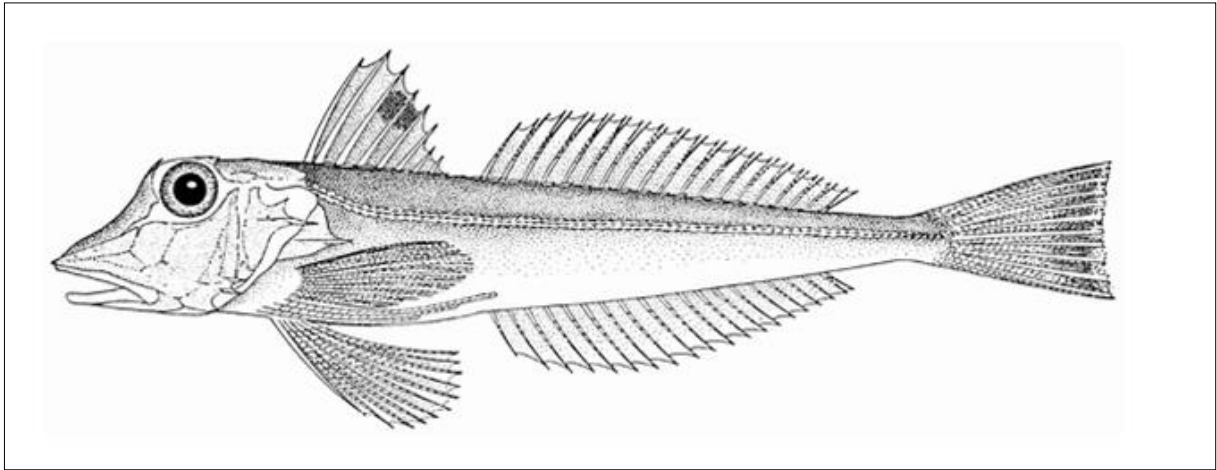


Figure I.10. *Eutrigla gurnardus* (Linnaeus, 1758) par Fischer et *al.* (1987)

**Synonymes :** *Eutrigla gurnardus* (Linnaeus, 1758)

**Noms Locaux :** Galinette (centre, Est Algérie), Borraco et Grondin (Ouest), Grondin gris (France), Cobra morena (Portugal).

### 3. Aperçu sur l'ostéologie du crâne des triglidés

Comme tous les poissons osseux, les triglidés ont un squelette ossifié dans presque toute sa totalité (Cassier, 1987). Il est constitué, d'avant en arrière par le crâne, la ceinture scapulaire porteuse des nageoires pectorales, la ceinture pelvienne, la colonne vertébrale et les différentes nageoires (rayons de la nageoire dorsale antérieure et postérieure, des nageoires pectorales et pelviennes, de l'anale et de la caudale). Le crâne formé par deux grandes parties : le neurocrâne et le splanchnocrâne.

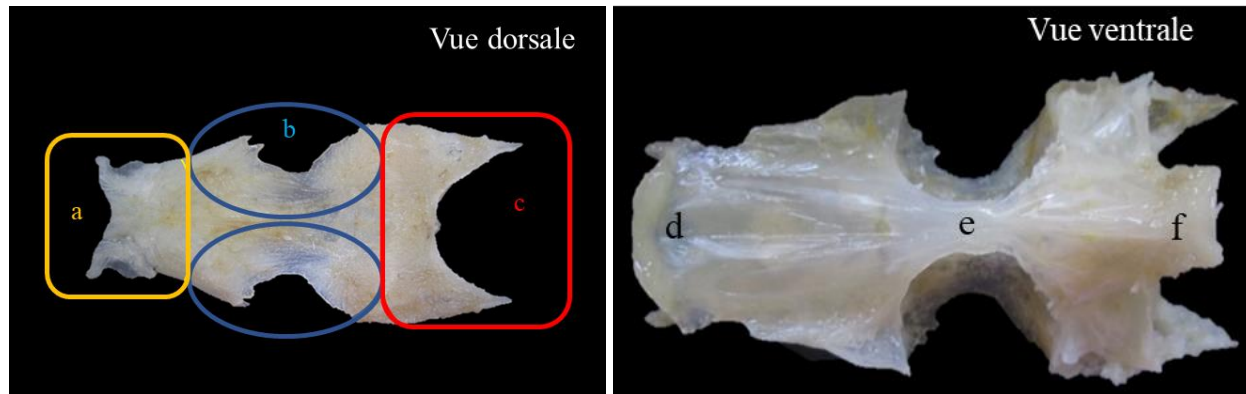
Le crâne apparait tout d'abord sous la forme d'un neurocrâne (chez les myxines) et puis apparait le splanchnocrâne (chez les lamproies). Ce neurocrâne évolue grâce à la réduction du nombre d'os et l'allongement dû aux fosses temporales, leur nombre détermine le type du neurocrâne : anapside (tortues sans fosses temporales) ; diapside (reptiles à deux fosses temporales) ; synapside (entre autres les mammifères à une fosse temporale).

#### 3.1. Le neurocrâne

D'après Cuoc (2006), le neurocrâne (ou boîte crânienne) est la partie supérieure qui protège le cerveau et les organes sensoriels pairs (Fig. I. 10). Il se divise en plusieurs parties : olfactive, optique et otique. Du postérieur à l'antérieur nous avons :

- La région occipitale : partie postérieure de la tête au-dessus de la nuque, composée de différents fragments pairs et impairs.
- La région otique : partie au niveau de la zone auditive.

- La région optique : zone protégeant les yeux composés de l'alisphénoïde à l'arrière de l'orbite, du sous-orbitaire postérieure, de l'ethmoïde latéral et du lacrymal.
- La région nasale : composée de l'ethmoïde endocrânien recouvert de l'ethmoïde médian.
- Le plancher : partie inférieure du neurocrâne composée du basisphénoïde, du parasphénoïde et du vomer porteur de dents (Tixier et Gaillard, 1957).



**Figure I. 11.** Vues dorsale et ventrale du Neurocrâne de *C. lucerna*. (a : région nasale b : région optique , c : régions occipitale et otique, d : vomer , e : parasphénoïde , f : basisphénoïde)

### 3.2. Le splanchnocrâne

Le splanchnocrâne ou viscérocrâne comme son nom l'indique est composé des différentes cavités permettant certains échanges avec l'extérieure (cavités buccale et pharyngienne). Il est constitué de trois arcs (Fig. 14) :

#### 3.2.1. L'arc hyoïde

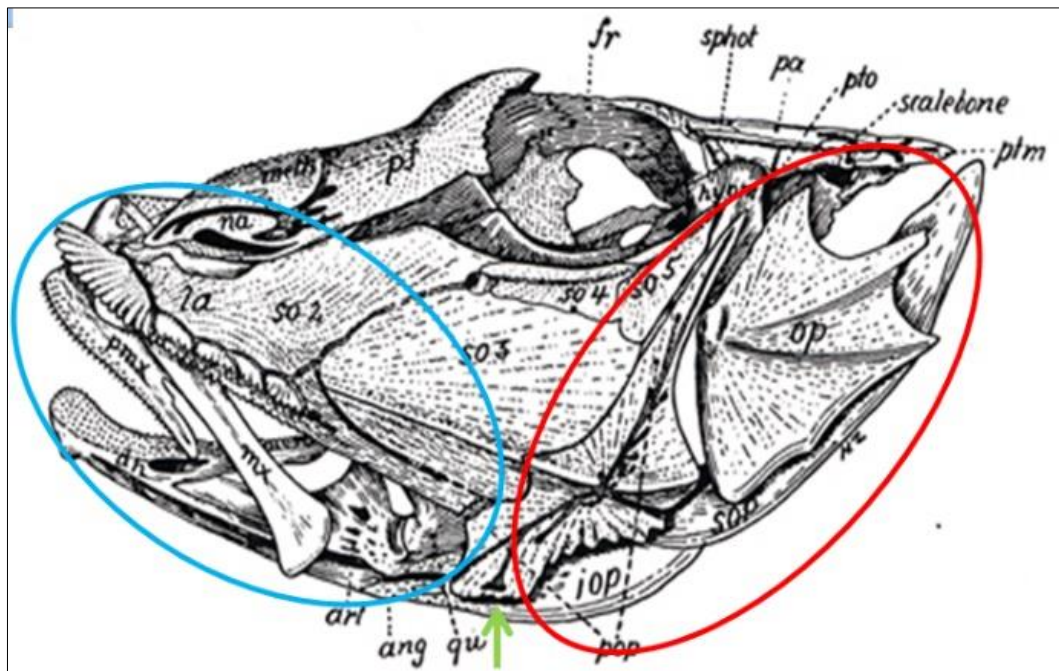
Composé de l'opercule formé de 4 pièces (l'operculaire, le sous-operculaire, le pré-operculaire et l'inter-opercule), la branche inférieure où s'insèrent les branchiostèges et puis relie branche droite et gauche, l'hyomandibulaire rattachant la mâchoire au crâne, le symplectique et le carré.

#### 3.2.2. L'arc mandibulaire

Prend en compte la partie avant du visage soit le prémaxillaire, porteur de dents, s'articulant avec le maxillaire, sans dents, d'où dérivent les os ptérygoïdes. Sur la partie inférieure se trouve le dentaire porteur de dents attaché à l'angulo-articulaire tous s'articulant autour du cartilage de Meckel.

#### 3.2.3. L'arc branchial

Composé de quatre parties essentielles le basibranchial, le cératobranchial, l'épibranchial et le pharyngobranchial (Tixier et Gaillard, 1957).



**Figure I. 12.** Vue gauche du crâne d'un triglidé (Gregory, 2002 ; modifiée)  
(rouge : arc hyoïde ; bleu : arc mandibulaire ; vert : arc branchial )

### 3.3. Les ceintures

#### 3.3.1. La ceinture pectorale

Dispositif reliant les membres antérieurs (nageoires pectorales) au corps au niveau postérieur du crâne généralement à la colonne vertébrale. Elle est composée de différents os séparés en deux parties :

- Primaire : formée des scapulaires, coracoïdes et radiaux.
- Secondaire : formée des cléithrum et des suprascapulaires.

#### 3.3.2. La ceinture pelvienne

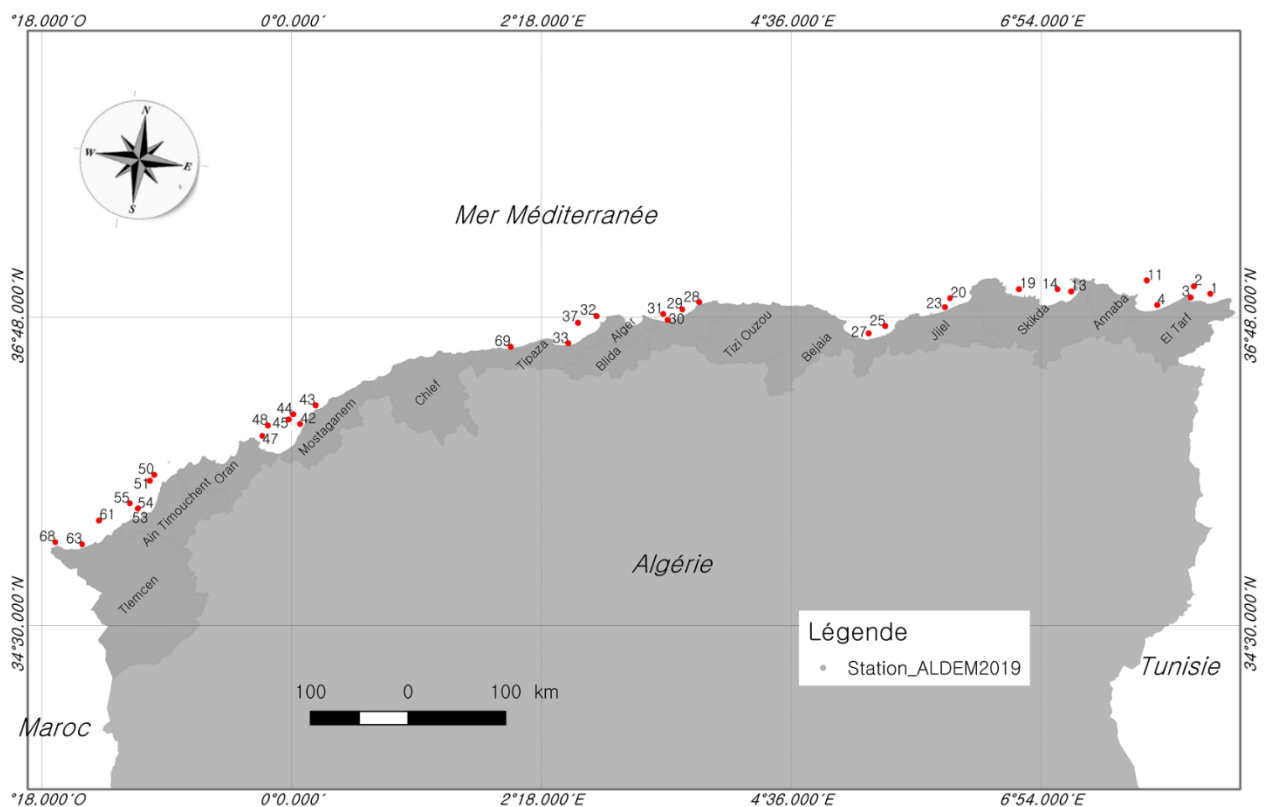
La ceinture pelvienne est moins complexe que la ceinture pectorale, formée des os pelviens symétriques portant les nageoires pelviennes.

CHAPITRE II.  
MATERIEL ET  
METHODES D'ETUDE

## 1. Échantillonnage

Le matériel biologique utilisé dans ce travail provient de la campagne d'évaluation des ressources démersales ALDEM (2019), effectuées par le Centre National de Recherche en Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA). Les traits de pêche des triglidés au cours des campagnes sont présentés dans la figure (II. 1).

Les pièces osseuses de la campagne (ALDEM 2016) et leurs photos numériques ont été récupéré du laboratoire CVRM (ENSSMAL). Ces derniers ont été utilisé pour avoir un effectif représentatif de l'ensembles des espèces rencontrées.



**Figure II. 1.** Trait de pêche positifs pour les triglidés (ALDEM 2019)

Avant toute manipulation, les échantillons provenant de chaque trait de pêche doivent être regroupé par groupes d'espèces ayant les mêmes caractères. Pour ce faire plusieurs documents nous ont servi de base pour l'identification des espèces : Dieuzeide et *al.* (1955), Bauchot et Pras (1980), Fisher et *al.* (1987) et Handjar (2009).

Une fois les groupes d'espèces identifiés, la taille et le poids mesurés ainsi le sexe déterminé, l'extraction des différentes pièces squelettiques a lieu. En parallèle, des observations de variations morphologiques ont été effectuées pendant le travail au laboratoire halieutique de la station expérimentale de l'ENSSMAL à Sidi Fredj.

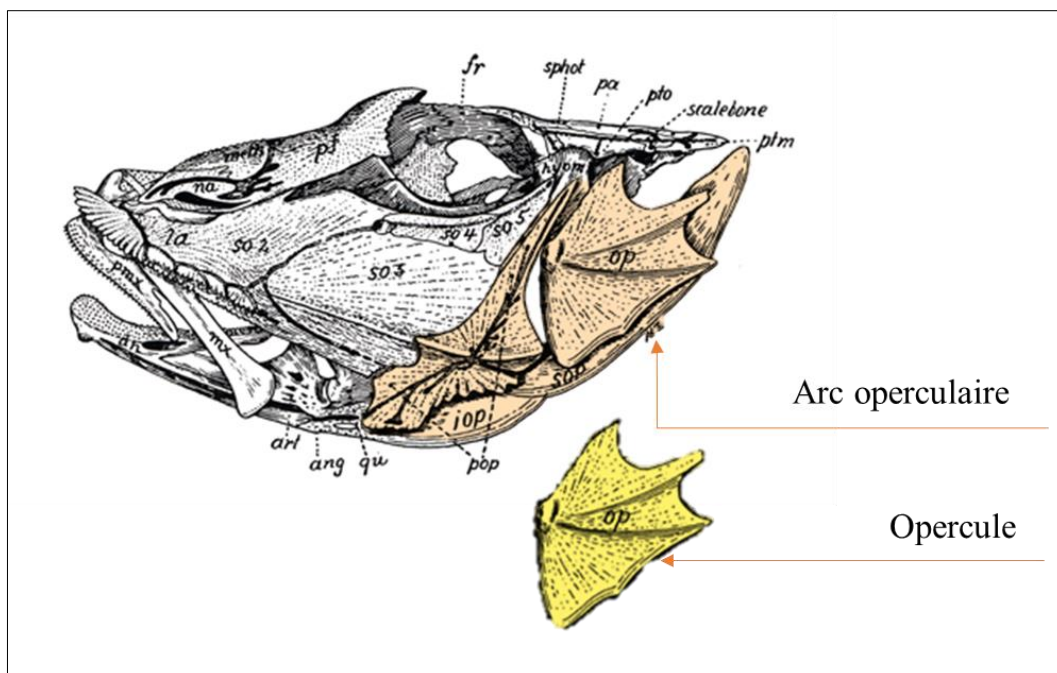
## 2. Prélèvement et traitement des pièces osseuses

Selon Grassep (1958), les os de la tête constituent la principale base comparative en ostéologie, parce qu'ils sont les plus variables et les plus compliqués de tout le squelette. Pour étudier les variations morpho-géométriques des triglidés dans la côte algérienne, l'opercule a été choisi comme matériel biologique de base pour répondre à notre étude comparative.

Pour prélever les différentes pièces crâniennes, les poissons recouverts de papier cuisson sont mis à cuire dans un micro-onde pendant une à deux minutes (selon la taille de l'individu). Une fois tiédie, à l'aide d'une pince fine, la chair est enlevée soigneusement et délicatement afin de faciliter le prélèvement des pièces crâniennes.

Les pièces prélevées ont été nettoyées au fur et à mesure du prélèvement à l'aide d'une fine brosse avec de l'eau savonneuse et une solution saturée en bicarbonate de sodium, séchées et conservées dans des sacs en plastique étiquetés.

Les os l'arc operculaire gauche (Fig. II. 02) ont été transférés vers le laboratoire de sclérochronologie du CNRDPA à Bou Ismail pour l'étude d'ostéométrie.



**Figure II. 2.** Arc operculaire d'un triglidé et la pièce opercule (Gregory, 2002 ; modifié)

### 3. Etude de la morphométrie géométrique de l'opercule

Historiquement, le critère de ressemblance morphologique a été couramment utilisé pour la classification des populations, des espèces ou de groupe du rang taxonomique supérieur. Cependant, les découvertes récentes de nouvelles espèces à l'aide de biologie moléculaire posent la question de la différenciation morphologique de ces taxons.

Le terme morphométrie vient du grec ancien où « *morphê* » signifie la forme, et « *metron* », la mesure. La morphométrie peut se diviser en deux grandes lignes : La morphométrie traditionnelle ou linéaire qui se base sur la comparaison de distances linéaires et d'angles entre des points homologues de différents objets. Elle est un outil de biologie comparative, puisqu'elle permet de comparer la forme de différents spécimens. Cette morphométrie classique présente cependant de nombreux inconvénients ; ce qui explique qu'elle a ensuite évolué vers la morphométrie géométrique (METAIRIE L, 2014).

Les inconvénients rencontrés en morphométrie classique sont liés aux mesures des distances linéaires. Tout d'abord, les distances mesurées sont fortement corrélées à la taille des individus, elles nécessitent une correction. Elle ne permet donc pas de conserver les informations de forme d'un objet, c'est-à-dire sa configuration.

La morphométrie géométrique a été développée par les statisticiens Kendall et Bookstein, vers la fin des années 70 afin de pallier ces limites, en conservant et comparant très précisément les configurations de différents objets. Utilisée en biologie comparative, elle permet d'étudier les variations morphologiques entre les espèces. Ses objectifs sont d'une part, d'identifier les homologues ou les variations morphologiques entre différentes espèces, d'autre part de déterminer la phylogénie des espèces étudiées, c'est-à-dire d'établir les relations de parenté entre ces espèces (Metairie, 2014).

Cependant, à la différence de la morphométrie classique, la morphométrie géométrique considère la forme, indépendamment de la taille de l'objet étudié et s'attache à la conformation géométrique d'un objet (Needham, 1950)

Deux approches sont utilisées en morphométrie géométrique : l'étude par contour ou par points de repère (landmarks en anglais). Elle s'articule sur plusieurs étapes, digitalisation des points repères, superposition des points repères homologues puis l'analyse statistique.

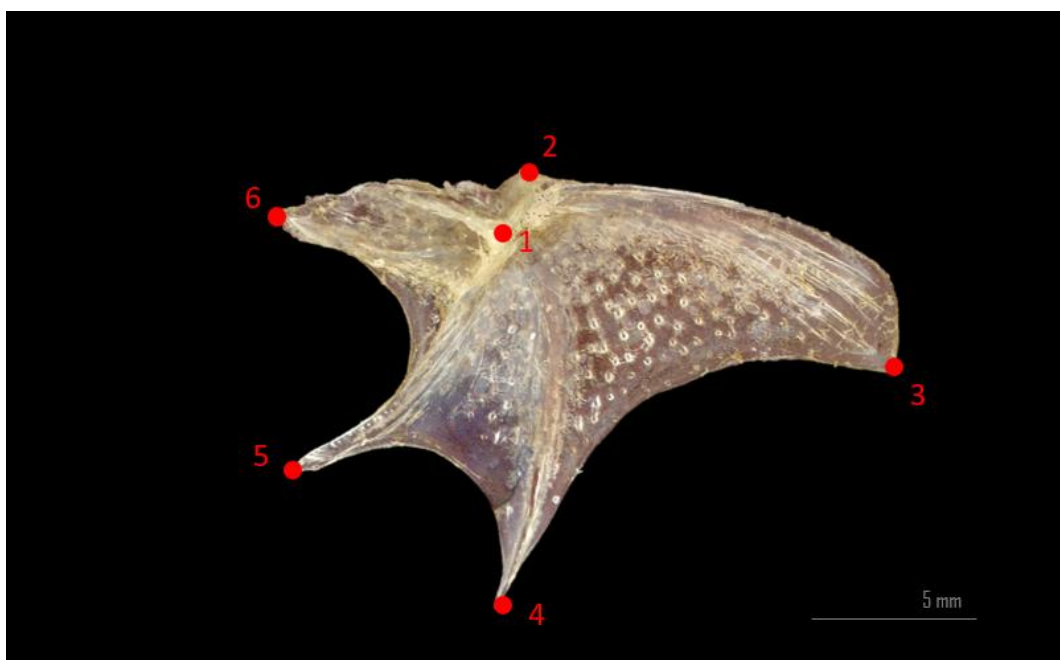
### 3.1. Digitalisation des images des opercules

Les opercules prélevés ont été numérisés à l'aide d'un scanner professionnel et le logiciel TNPC. Ce dernier permettra la segmentation et la calibration des images scannées de plusieurs pièces à la fois.

La numérisation s'effectue dans l'obscurité avec le couvercle du scanner ouvert, pour obtenir un fond noir. L'ordre de disposition des pièces sur le scanner est important. En effet, la 1ère pièce qui sera reconnue par le logiciel TNPC (Traitement Numérique des opercules sera celle située dans le coin supérieur droit de la vitre du scanner. Il est donc nécessaire d'y placer le premier opercule, ensuite les pièces vont être reconnues successivement sur la première ligne jusqu'à la pièce finissant la ligne.

A la fin de cette étape d'acquisition d'image choisie pour cette étude, les différentes images scannées ont été ensuite renommées en utilisant une codification standard sur TNPC. Ce tri préalable nous facilitera l'analyse de la base de données numérique des pièces construite.

Afin de répondre aux objectifs de ce travail et pour identifier les homologies ou les variations morphologiques entre différents groupes d'espèces, les répertoires des photos de la face interne de l'opercule gauche ont été utilisés. Au total, 6 points repères homologues (landmarks) de 495 opercules (FigII.3) ont été digitalisés à l'aide du logiciel tpsDig suivant la direction des aiguilles d'une montre.



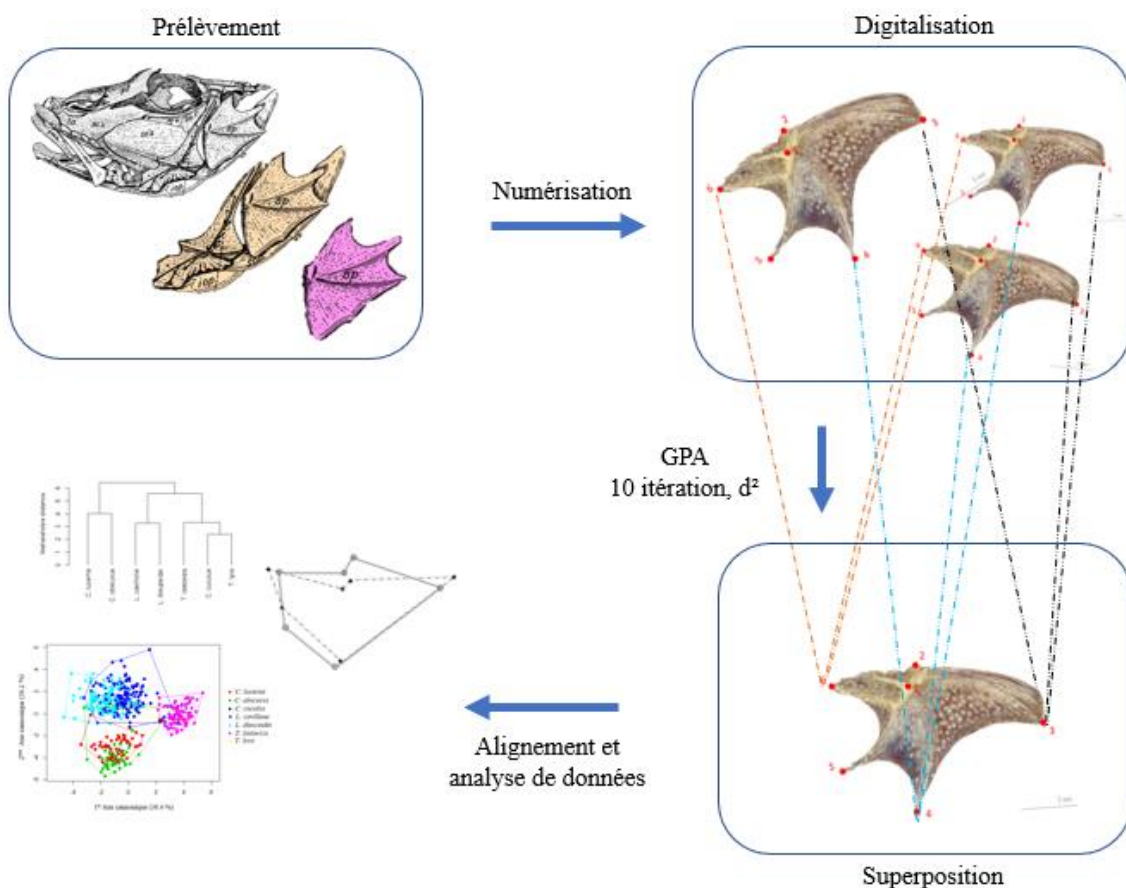
**Figure II. 3.** Les points repères homologues digitalisés pour l'opercule gauche des triglidés

### 3.2. Superposition des formes

Une fois les fichiers de digitalisation sont prêts, l'analyse procrustéenne générale (GPA) aura lieu à l'aide du logiciel R. Cette analyse nous permettra de minimiser la variation autour des centres de gravité des objets, l'effet de la taille sera ensuite éliminé par normalisation de la matrice et à la fin une rotation des objets pour les superposés.

Les coordonnées prises par digitalisation subissent 10 itérations de normalisation par la méthode des moindres carrés pour minimiser les distances entre les points repères homologues des différents opercules étudiés.

Pour éliminer l'effet d'allométrie, les coordonnées procrustéennes des différents points repères dans le plan tangentiel seront modéliser par une régression multiple au centroïdes et les résiduels seront utilisé dans la poursuite d'analyse afin de minimiser la variation intragroupe et de se concentrer sur l'analyse des variations entre groupes.



**Figure II. 4.** Etapes d'analyse de la morphométrie géométrique

#### 4. Analyse du contour de l'opercule

Plusieurs études utilisent un marqueur ou la combinaison de plusieurs marqueurs dans l'étude des variations inter et intra population d'une ou de plusieurs espèces. Parmi lesquels, nous pouvons citer les marqueurs phénotypiques.

Les marqueurs phénotypiques regroupent les marqueurs liés à la morphologie du poisson, aux traits d'histoire de vie, à la croissance de l'otolithe et à sa forme. Ils permettent de distinguer à la fois les stocks halieutiques et les stocks phénotypiques (Mahé, 2019).

Selon Cadrin et *al.* (2014), l'adaptation génétique et la plasticité aux conditions environnementales locales vont toutes deux contribuer à une différenciation de ces marqueurs phénotypiques entre les stocks. Les marqueurs utilisés les plus anciens sont les critères liés à la morphologie du poisson avec les descripteurs méristiques et morphométriques car ils reflètent particulièrement les adaptations morphologiques en réponse à des différences environnementales (température, salinité, lumière, nourriture... etc.) Les marqueurs morphologiques sont par exemple des caractères méristiques comme le nombre de vertèbres ou de rayons des nageoires, des mesures biométriques et des mesures morphométriques reconstruisant la forme du poisson selon des points homologues (Strauss et Bookstein, 1982).

Le contour de la forme des otolithes est actuellement utilisé par plusieurs auteurs dans différentes régions pour étudier les variations intraspécifiques afin de discriminer les stocks de la même espèce en halieutiques. Ceci peut s'expliquer par les avancées récentes en termes d'analyse d'images et de traitement des données en particulier avec le développement d'outils statistiques tels que le package *Shape* sur la plateforme R. Cette technique permet de réaliser des études pour des échantillons de plus grande taille et à faible coût par rapport à la génétique.

De même, la variabilité génétique est un facteur influençant fortement la forme de l'otolithe (Campana et Casselman, 1993 ; Cadrin et Friedland, 1999 ; Cardinale et al., 2004 ; Vignon et Morat, 2010 ; Vignon, 2012). L'utilisation de cette méthode nous a données l'idée de tester une telle expérience sur les pièces osseuses du crâne de poisson.

L'opercule gauche a été choisi comme pièces afin d'entreprendre cette technique très utile dans l'étude des populations et la discrimination des stocks pour étudier les variations entre espèces de triglidés.

### 4.1. Extraction des descripteurs de la forme

En plus de l'analyse des ellipses de Fourier, l'étude du contour peut se faire par plusieurs approches :

- La transformation en ondelettes (Wavelet transformation), méthode d'analyse multivariée développée comme alternative à l'EFA. Elle utilise la décomposition d'un signal en ondelettes basée sur une fonction oscillatoire (Parisi-Baradad et *al.*, 2005) ;
- La géodésie (Nasreddine et *al.*, 2009 ; Benzinou et *al.*, 2013) ;
- La dimension fractale (Duarte-Neto et *al.*, 2008) ;
- Et l'espace de l'échelle de courbure (Curvature Scale Space, CSS ; Mapp et *al.*, 2013).

L'analyse des ellipses de Fourier (EFA) est la méthode la plus utilisée pour décrire la forme des objets. Cette technique décrit le contour de manière quantitative (Kuhl et Giardina, 1982 ; Lestrel 1997 ; Tracey et *al.*, 2006).

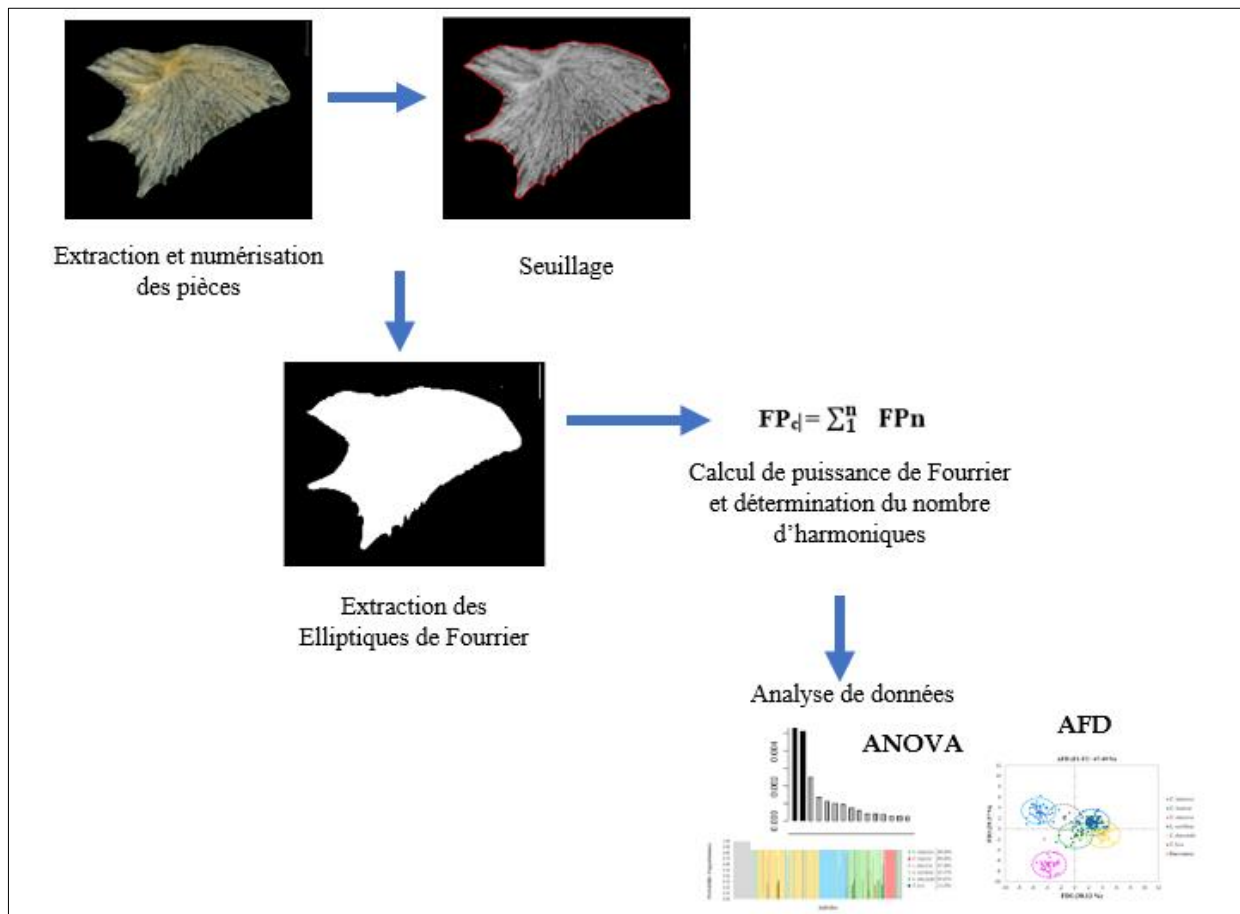
Elle permet de décrire la forme projetée dans un repère orthonormé à 2 dimensions à travers l'utilisation de composantes spécifiques appelées Harmoniques. Chacune d'entre elles est formée de 4 coefficients dénommés Descripteurs des Ellipses de Fourier (EFDs) résultant de la linéarisation des coordonnées x et y de chaque point de la forme externe.

L'amplitude de chaque harmonique représente sa contribution à la forme empirique de l'objet étudié (Bird et *al.*, 1986). La précision de la description de la pièce est directement proportionnelle au nombre d'harmoniques utilisées (Kuhl et Giardina, 1982). Les EFDs, qui font appel à une fonction périodique et qui s'expriment en une somme de sinus et cosinus, sont les plus utilisés.

Il y a néanmoins d'autres approches mathématiques de cette méthode en particulier les Transformées de Fourier Rapide (FFT ou Fast Fourier Transform) (Zahn et *al.*, 1972) ou les descripteurs de Fourier complexes (CFD ou Complex Fourier Descriptors ; Granlund, 1972).

Comme rapporté par plusieurs auteurs, les descripteurs d'EFDs sont souvent considérés comme plus puissants que ceux dérivés de FFT ou CFD pour l'analyse de forme (Nasreddine et *al.*, 2009 Benzinou et *al.*, 2013), en raison de leur forte efficacité pour décrire les informations de forme (Stransky et MacLellan, 2005 ; Tracey et *al.*, 2006 ; Yu et *al.*, 2014).

Pour l'analyse de la forme d'opercules des triglidés dans la côte algérienne, nous avons opté à l'analyse de descripteurs des Elliptiques de Fourriers normalisés à l'aide du système d'analyse d'images TNPC (Traitement numérique des pièces calcifiées).



**Figure II. 5.** Etape de l'analyse du contour des pièces

Avant l'extraction des descripteurs de forme, les images du côté gauche numérisé par scanner subissent un seuillage pour les rendre bicolor (noir et blanc). Cette étape permettra de la bonne délimitation du contour de la pièce.

Au total 99 harmoniques ont été extrait pour chaque image et chaque harmonique regroupe 4 coefficients d'Ellipses de Fourriers normalisé A, B, C et D. Donc le nombre des Ellipses sera 396 pour chaque opercule.

Selon Crampton (1995), le spectre de puissance de Fourier (FP) est calculé dans l'ordre de déterminer le nombre d'harmonie suffisant pour la reconstruction de la forme de l'opercule. La puissance de Fourier d'une harmonique est proportionnelle à son amplitude et fournit une mesure de la quantité d'informations de forme décrites par cette harmonique.

Pour le  $n^{\text{ième}}$  harmonique, la puissance de fourrier ( $FP_n$ ) est calculée à partir de l'équation :

$$FP_n = (A_n^2 + B_n^2 + C_n^2 + D_n^2) / 2$$

Où ;

$A_n, B_n, C_n, D_n$  sont les coefficients de fourrier de  $n^{\text{ième}}$  harmonique

Donc, le pourcentage de la puissance cumulé (FPc) sera calculé comme suit :

$$FP_c = \sum_1^n FP_n$$

Le contour expliqué par 99.99% de la puissance de Fourier cumulé sera donc le nombre d'harmoniques considérée dans l'analyse statistique de la forme (Crampton 1995).

## 4.2. Extraction des données de mesures

En plus de l'analyse des descripteurs de la forme, dans notre cas les elliptiques de Fourier normalisés, les mesures de forme : la longueur, la largeur, la surface et le périmètre des pièces peuvent être exploités. Ces derniers ont été aussi extraits à l'aide de TNPC.

Elles permettent de représenter les patrons de forme de l'opercule dans un plan à deux dimensions (Tuset et *al.*, 2003). Elles sont simples à obtenir et l'interprétation biologique des résultats associés est moins complexe que celle des résultats obtenus à partir de données multivariées (Stransky et MacLellan, 2005).

## 5. Analyse statistique

### 5.1. Analyse des variances ANOVA

L'analyse de la variance, également appelée ANOVA a été développée par le statisticien britannique Ronald Fisher. C'est un modèle statistique qui sert à démontrer l'existence de similitudes ou différences sur des aspects précis dans une population étudiée.

ANOVA est un test statique qui généralise le test  $\epsilon$  de student au cadre de comparaisons de plusieurs moyennes, on l'applique dès lors que l'on étudie l'effet d'une ou plusieurs variables qualitatives sur une variable quantitative.

L'ANOVA dépend de deux hypothèses :

Hypothèse nulle ( $H_0$ ) :  $m_1 = m_2 = m_3$  pas de différence entre les moyennes

Hypothèse rivale ( $H_1$ ) : il existe une différence entre quelques moyennes.

Si le  $H_1$  vérifié on a besoin d'un autre test qui est le test de SHEFFE pour déterminer ces paires de moyennes responsables au rejet de l'hypothèse nulle.

## 5.2. Analyse factoriel discriminante (AFD)

L'analyse discriminante dite "décisionnelle" a pour objet de définir une règle permettant de classer un individu dans un groupe particulier, parmi les groupes possibles. Cette affectation à un groupe donné se fait sur la base des caractéristiques (variables) observées sur cet individu.

Elle permet aussi de mettre en évidence les liaisons existantes entre un caractère qualitatif à expliquer (à discriminer) et un ensemble de caractères explicatifs quantitatifs (discriminants).

En analyse discriminante, on distingue a priori deux ou plusieurs groupes d'individus sur lesquels on mesure un ensemble de caractères communs. L'analyse va alors chercher à mettre en évidence ce qui différencie ces groupes. Elle recherche quels sont les caractères qui permettent de séparer le mieux possible les classes (groupes) d'individus et donner des représentations graphiques qui rendent compte au mieux de cette séparation. La combinaison des méthodes GM avec des procédures statistiques multivariées représente un outil très puissant pour tester et afficher graphiquement les différences de forme (Fisher M ,1936).

Les scores de la validation croisée (cross-validation) des différents individus affectés à posteriori dans différents groupes ont été projetés pour vérifier le chevauchement entre les nouveaux groupes d'individus formés après validation. L'analyse a été effectuée sur le logiciel xlstat.

CHAPITRE III.  
RESULTATS ET  
DISCUSSION

## 1. Echantillonnage

Le traitement des échantillons de la campagne ALDEM (2019) a permis de récupérer les pièces de l'arc operculaire de 247 individus. La compilation des échantillons traités et ceux récupérés du laboratoire CVRM (248 opercules) correspondant aux données de campagne ALDEM (2016) a permis de numériser la face interne de 495 opercules gauches de sept espèces de la famille.

L'espèce *Lepidotrigla cavillone* est la plus fréquente. Seulement deux individus de *Chelidonichthys cuculus* et sept individus de *Trigla lyra* ont été rencontrés.

Les données numérisées correspondent à 228 femelles, 181 mâles et 86 à sexe non déterminé. Leurs tailles varient entre 5 et 39.5 cm de longueur totale. Le nombre d'opercules digitalisés par espèces est présenté dans le tableau (III. 1) ci-dessous.

Tableau III. 1 Nombres d'opercules collectés par espèce

Espèces	<i>C. cuculus</i>	<i>C. lucerna</i>	<i>C. obscurus</i>	<i>L. cavillone</i>	<i>L. diezeidei</i>	<i>C. lastoviza</i>	<i>T. lyra</i>
Effectif	2	50	55	167	113	101	7

## 2. Prélèvement des pièces

Le prélèvement des pièces osseuses a permis de récupérer la série des pièces de l'arc operculaire et le neurocrâne entier de chaque individu. Ce dernier et le reste des pièces du splanchnocrâne ont été conservés dans des piluliers remplis de l'eau distillée pour d'autre traitement.

La figure (III. 1) regroupe les pièces ciblées pour répondre à la problématique de départ. Seulement l'arc operculaire a été pris en considération dans le présent document.

Les quatre pièces squelettiques paires de l'arc operculaires ont été groupées dans la figure (III. 01 en dessous) est décrites brièvement du postérieur à l'antérieur :

**Le sous-operculaire** : une longue et fine lame de cartilage se terminant par une petite pièce osseuse de forme de lentille en extrémité inférieure, le tout s'insérant dans la partie postéro-ventrale de l'opercule.

**L'operculaire** : ou opercule est un os plat de forme vaguement triangulaire développé, relié au pré-operculaire par son bord antérieur.

**Le pré-operculaire** : pièce développée en forme de bumerang, son bord antéro-dorsale est accolé aux sous-orbitaires 3 et 5.

**L'inter-operculaire** : petite pièce fine de forme ovale, se trouve dans la partie ventrale inférieure interne des trois pièces précédentes, elle relie le tout avec l'hypohyal dans sa face externe.



**Figure III. 1.** Neurocrâne (en haut) et série operculaire (en bas) d'un triglidé de la côte algérienne (*C. lucerna*,  $L_T$  : 39.5 cm, sexe : F).

L'identification des pièces de l'arc operculaire correspond à celles décrites par Gregory (1933), Benabdelmoumen (2016), Djebbar (2016) et Toudert (2020). La pièce operculaire que nous avons identifiée est décrite par Handjar (2009) sous le nom de post-operculaire. L'opercule identifié par le même auteur ressemble à la pièce sous orbitaire identifiée par les autres auteurs cités au-dessus.

En effet, la pièce identifiée operculaire qui couvre la cavité branchiale a été récupérée pour chaque individus et sa face interne a été digitalisé pour la poursuite du travail.

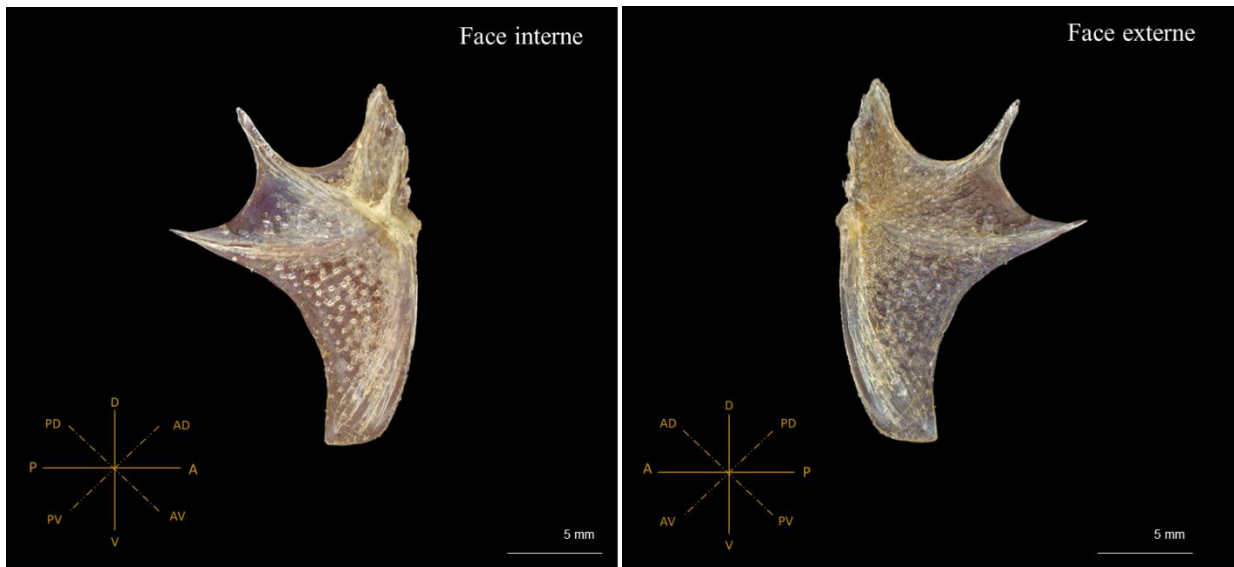
### 3. Description de l'opercule de la famille de Triglidae

Tous d'abord avant toutes analyse, une observation rigoureuse des différents opercules prélevés et digitalisé a permis de donnée une description détaillé de l'opercule (Fig. III. 2) de triglidés ainsi de comparer la forme entre espèces (Fig. III. 3).

L'Opercule peuvent être définie comme étant une pièce osseuse de l'arc operculaire, situé au niveau du splanchnocrâne. Os plat de forme vaguement triangulaire développée, dors-

ventralement allongé, porte deux épines par sa partie postéro-dorsale, est relié au pré-operculaire par son bord antérieur (Fig. III. 1).

En général sa forme ressemble à un trident, la face interne est lisse présentant des perforations avec la présence d'une petite bosse "bouton" dans la partie antérieure (point d'intersection des trois dents avec la base) où s'articule l'operculaire et l'hyomandibulaire. Par contre sa face externe est épineuse, chez certaines espèces devienne plus au moins épineuse avec des miniatures sous forme de stries.



**Figure III. 2.** Opercule gauche d'un triglidé (*C. lucerna*,  $L_T$  : 23.1 cm, sexe : F)

La figure (III. 3) regroupe la face interne de l'opercule gauche des différentes espèces de la famille des Triglididae collectés le long de la côte algérienne. La comparaison des pièces a permis de faire ressortir certaines variations morphologiques. Ces variations peuvent être résumées dans les points suivants :

- A l'exception de *C. lastovisa*, l'opercule à bras légèrement arqué a l'allure d'un trident, sa pointe postérieure très développée forte dirigé vers le dos est caractéristique chez *T. lyra* ; par contre, chez *C. obscurus* une épine centrale développée sépare les deux autres.
- *C. lastovisa* sort du premier lot car l'opercule présente une configuration un peu spéciale par sa forme élargie vers la direction postéro-ventrale. Opercule strié avec prolongement des épines de la face extérieur donnant la forme dentelée de l'arc postéro-ventrale et l'arc postéro-dorsale, cette denticulation est observé également chez les deux espèces du genre *Lepidotrigla*.

- Parmi les autres espèces du genre *Chelidonichthys*, *C. lucerna* et *C. cuculus* présentent un bras plus arqué. La dent postérieure a une orientation oblique et dirigée vers le ventre chez ces deux espèces.
- La dent postérieure le plus large et le moins développé est observé chez *C. lastoviza*.
- Moins effilé que chez *L. dieuzeidei*, l'opercule présente chez *L. cavillone* une denticulation plus prononcée au niveau de la concavité ou arc postéro-ventrale se termine par une épine assez pointue, alors que cette dernière est moins marquée chez *L. dieuzeidei*.

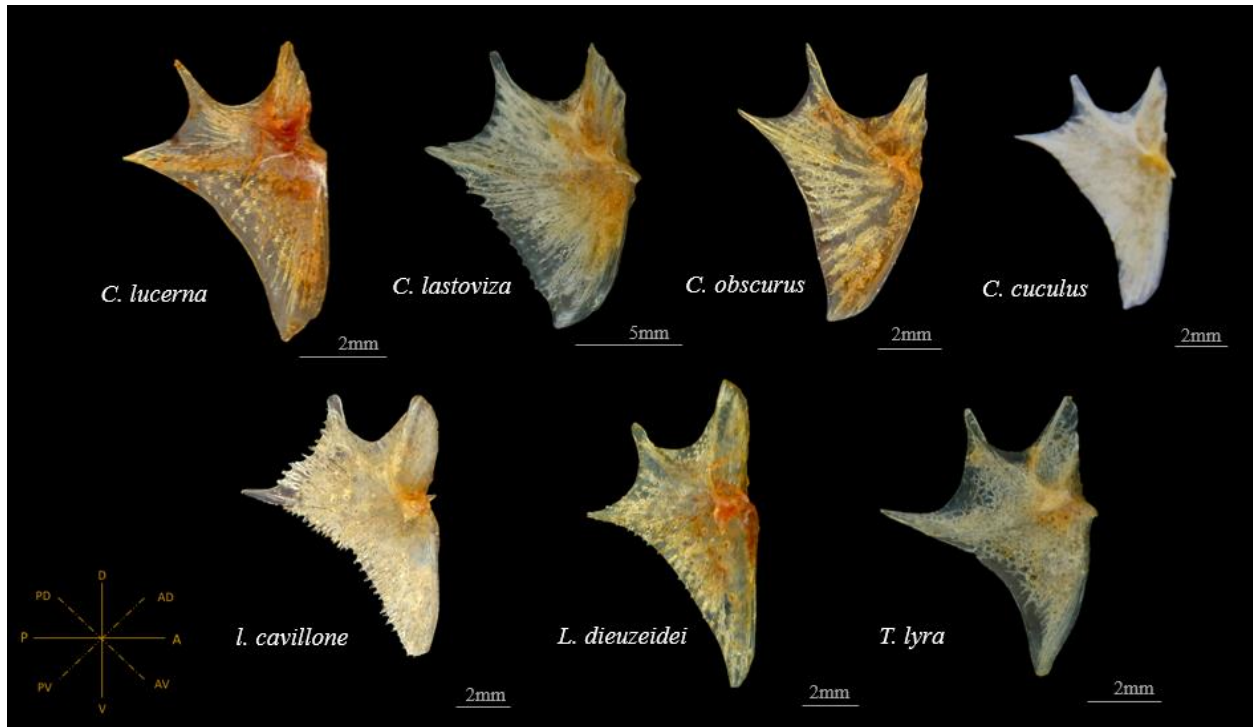


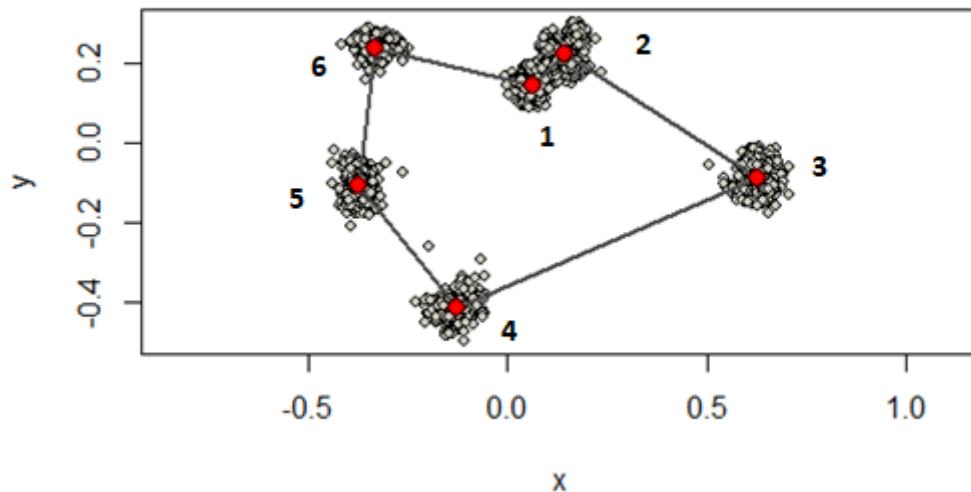
Figure III. 3. Pièces opercule gauche des triglidés de la côte algérienne

## 4. Morphométrie géométrique de l'opercule

### 4.1. Superposition des formes alignées

La digitalisation des points homologues des face internes de 495 opercules a permis d'avoir les coordonnées x et y des différents landmarks dans un plan de deux dimensions. L'analyse procrustéenne générale avec 10 itérations en utilisant la méthode des moindre carrée comme critère d'alignement a permis d'aligner tous les spécimens analysés dans le plan tangentiel de deux dimensions.

La superposition des points repère et la forme moyenne reliant les centromères de chaque point repères sont représenté par la figure (III.4). Une grande dispersion autour tous les 6 points.

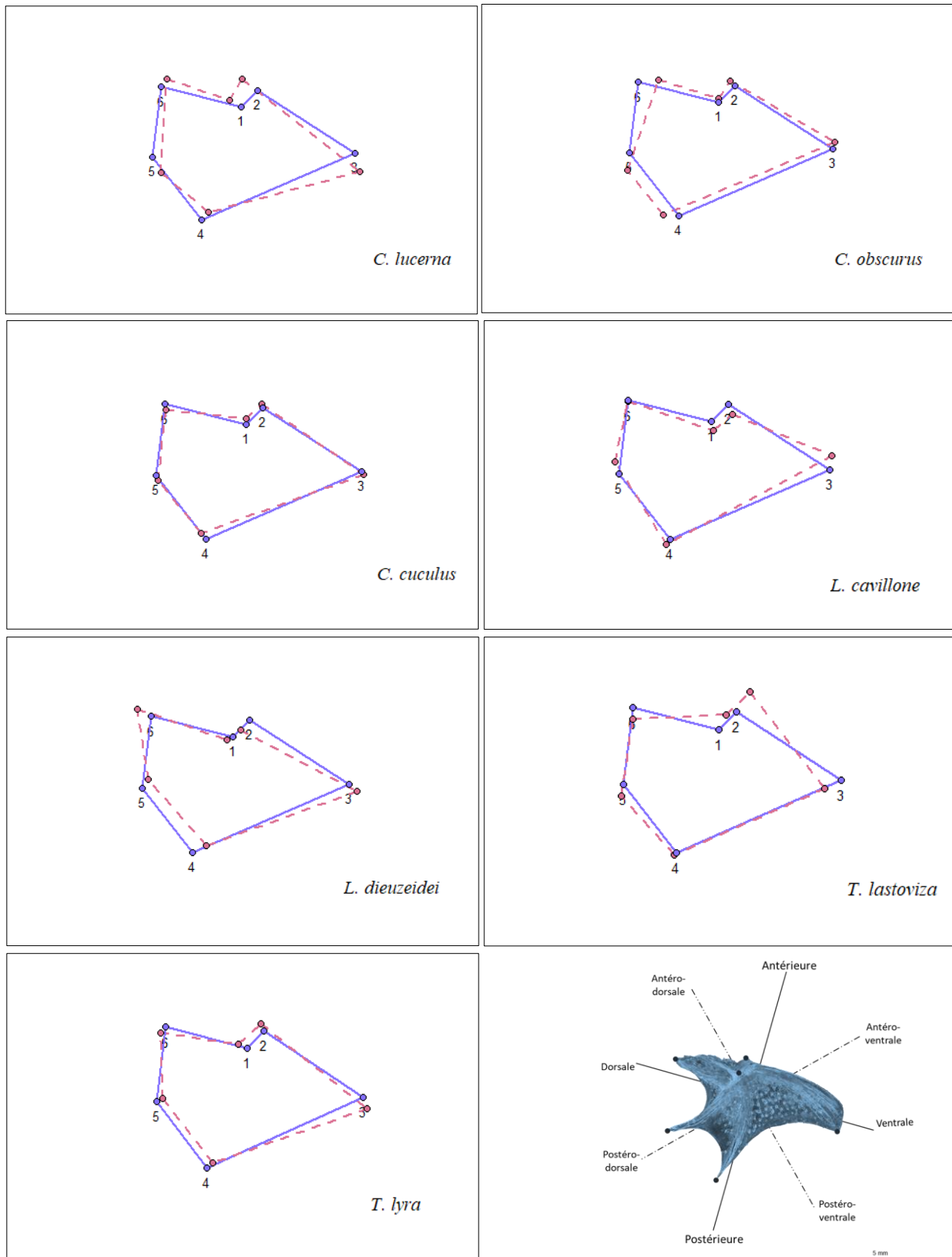


**Figure III. 4.** Alignement des points homologues et la forme moyenne de l'opercule des triglidés de la côte algérienne

D'après la figure (III. 4), la dispersion des différents points homologues autour du centromère de chaque nuage de points, nous pouvons constater qu'il y'a une légère variation entre la forme des opercules. Les points 2, 4 et 5 montrent une variation un peu importante par rapport aux autres.

La superposition des formes géométriques de l'opercule de chacune des espèces avec la forme géométrique moyenne de la famille (forme de référence) est illustrée par la figure (III.5). Cette projection nous a permis de constater que :

- Les conformations des différentes espèces montrent des formes différentes de la moyenne. Chez *C. lucerna*, le 6 (base du trident) s'est déplacé vers le postérieur et le point 5 (pointe du de l'épine centrale) se trouve vers le ventre. C'est le résultat d'une base arquée et épine centrale inclinée vers le ventre.
- Par contre chez *C. obscurus* l'opercule est moins long que celui de *C. lucerna* avec prolongement du dent centrale (point 5) vers la direction postéro-dorsale.
- L'opercule de *C. obscurus* a une forme moins longue et plus large que les autres.
- *L. dieuzeidei* montre un prolongement des deux points d'extrémité ventrale et dorsale avec restriction de la distance entre le point 2 et 5, ce qui confirme que ce dernier est l'opercule le plus long et étroit que les autres.
- A l'exception des autres espèces, *C. cuculus* et *T. lyra* semble plus proches à la forme moyenne sur l'ensemble des points repères. Nous devons prendre ce résultat avec prudence à cause du nombre très étroit d'opercule traités pour les deux espèces (2 et 7 pour *C. cuculus* et *T. lyra* respectivement).



**Figure III. 5.** Superposition de la forme d'opercule des différentes espèces à la forme moyenne de la famille des triglidés

Les résultats du test statistique ANOVA effectué sur la forme d'opercule des sept espèces sont présentés par le tableau (III. 2).

**Tableau III. 2.** Résultat de test ANOVA effectué sur la forme des opercules de triglidés

	ddl	SS	MS	Rsq	F	Z	Pr(>F)
Espèces	6	2.5726	0.42877	0.57794	111.37	14.389	0.001**
Résiduels	488	1.8788	0.00385	0.42206			
Totale	494	4.4514					

Les résultats du test de la forme des opercules par rapport à les espèces (Tab. III. 2) montrent une différence significative entre les différents groupes d'espèces ( $p=0.001<0.05$ ) ce qui confirme la variabilité de la forme géométrique de l'opercule avec la forme géométrique moyenne de la famille avec un taux de sécurité de 95%.

#### 4.2. Analyse factorielle discriminante

Les résiduels de la régression multiple des coordonnées des points homologues et le centroïde size correspondant subissent une analyse factorielle discriminante.

L'analyse factorielle discriminante AFD a permis d'avoir les coordonnées des observations et les projeter dans le plan 1-2 (Fig. III. 6). Ce plan discriminant résume 76.73% de la discrimination totale entre les groupes d'espèce et les barycentres respectifs avec un risque  $\alpha$  de 0.05.

Cette analyse a permis de discriminer le groupe d'opercules de *C. lastoviza* des autres espèces sur le premier axe discriminant. L'axe deux a permis de discriminer les deux espèces *C. obscurus* et *C. lucerna* des deux espèces du genre *Lepidotrigla*.

En général, un chevauchement entre les groupes est observé à l'exception de *C. lastoviza* qui est caractérisé par un opercule de forme nettement différente des autres. Ce chevauchement est traduit par les similitudes morphologiques entre les espèces de la famille qui sont polymorphe est qui montrent une difficulté de reconnaissance.

Les probabilités d'appartenance de chaque observation résultante de la validation croisée (cross-validation) à partir de la classification des différentes observations groupé à priori et leurs réaffectations aux différents groupes à posteriori sont illustrées par la figure (III. 7).

Ces résultats ont permis de mettre en évidence une bonne discrimination entre les formes des opercules des différentes espèces. Les pourcentages de la cross-validation sont 96.36% et 98.02% pour *C. lucerna* et *Lastoviza* respectivement. Chez les groupes de *C. cuculus* et *T. lyra* le pourcentage de validation des groupes sont 0% et 14.29% respectivement. Ce faible pourcentage due au nombre faible d'individus analysé qui varie entre 2 et 7 spécimens respectivement.

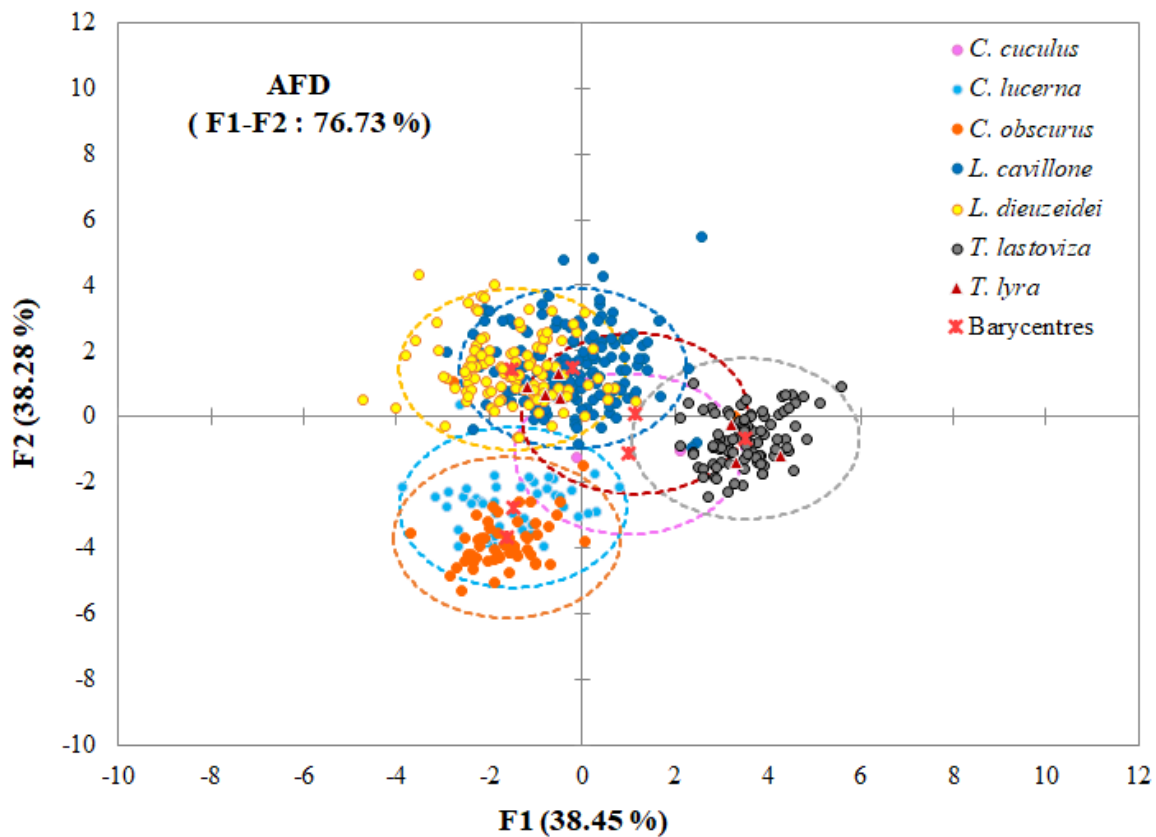


Figure III. 6. AFD de la forme de l’opercule gauche interne des Triglididae

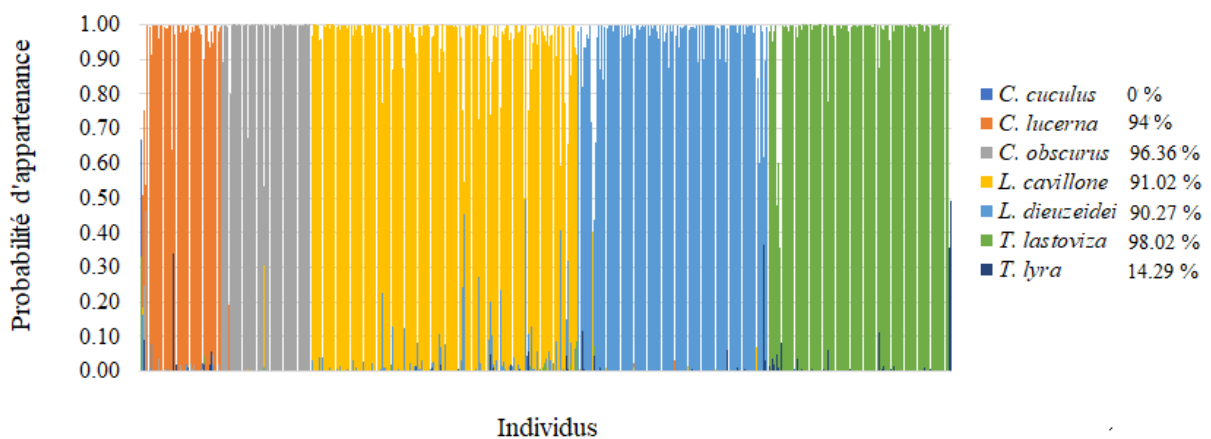


Figure III. 7. Probabilité d’appartenance des individus aux différents groupes après analyse discriminante (Cross validation)

En grosso modo, l’analyse de la forme géométrique des opercules n’a pas permis de bien discriminer les groupes. Une quantité d’information entre les points repères n’est pas prise en considération à cause du choix des landmarks. Pour ce faire, nous avons fait appel à une analyse du contour pour prendre en considération la totalité de la forme de l’opercule.

## 5. Analyse du contour de l'opercule

L'analyse de l'intégralité de la forme de l'opercule gauche (face interne) des triglidés de la côte algérienne a été effectuée à l'aide du logiciel de traitement de pièces calcifiées (TNPC). Seulement les opercules entiers ont été utilisés dans cette analyse, les deux individus de *C. cuculus* ont été éliminés afin de minimiser l'erreur due à l'échantillonnage.

Au total 264 individus ont fait l'objet de cette analyse. Les descripteurs de la forme en se basant sur les Elliptiques de Fourier normalisés ainsi que les données de mesure de la forme ont été analysés dans cette partie.

### 5.1. Analyse des données de mesure

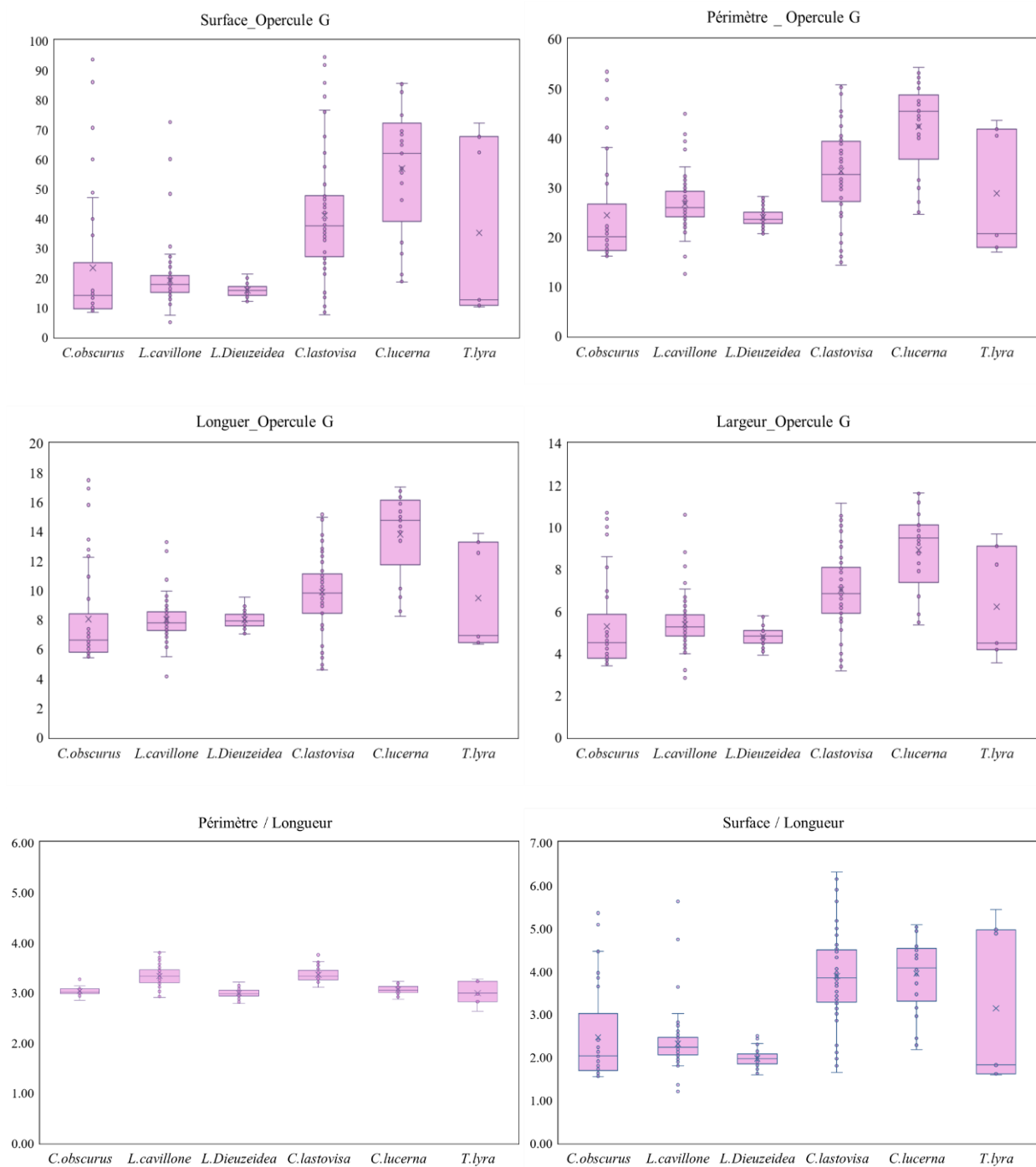
Les données de mesures surface, longueur, largeur et périmètre de l'opercule des grondins sont consignées dans le tableau (III. 3). Ces données et les rapports de surface et périmètre avec la longueur ont permis de construire les boîtes à moustache illustrés par la figure (III. 8).

**Tableau III. 3.** Données de mesures de l'opercule gauche des triglidés

Espèces	N	LT	Surface (mm <sup>2</sup> )	Périmètre (mm)	Longueur (mm)	Largeur (mm)
<i>C. lastoviza</i>	56	15.03 ±0.89	41.00 ±5.43	33.26 ±2.41	09.87 ±0.69	7.02 ±0.48
<i>C. lucerna</i>	21	20.07 ±1.45	56.87 ±9.88	42.29 ±4.29	13.80 ±1.36	8.92 ±0.88
<i>C. obscurus</i>	37	13.44 ±1.18	23.35 ±7.31	24.39 ±3.46	8.03 ±1.12	5.28 ±0.71
<i>L. cavillone</i>	97	11.03 ±0.28	19.06 ±1.73	26.67 ±0.91	7.99 ±0.26	5.38 ±0.20
<i>L. dieuzeidei</i>	46	10.72 ±0.19	15.80 ±0.66	23.93 ±0.53	7.99 ±0.16	4.80 ±0.12
<i>T. lyra</i>	7	14.74 ±7.28	35.17 ±23.5	28.79 ±10.4	9.45 ±2.99	6.21 ±2.24

Les boîtes à moustaches de chaque variable des espèces représente la distribution des effectifs montre que :

- La surface moyenne de *L. dieuzeidei* et *L. cavillone* est moins importante que les autres espèces. Les plus grandes surfaces ont été observées chez *C. lucerna* et *C. lastoviza* qui sont de l'ordre de 56.87 ±9.88 mm<sup>2</sup> et 41 ±5.43 mm<sup>2</sup> respectivement.
- Le rapport entre la surface et la longueur de l'opercule montre les mêmes résultats observés avec les valeurs de surface. Chez *L. cavillone* ce rapport est supérieur à celui de *L. dieuzeidei*, ce qui est traduit par un opercule long et mince en comparaison avec celui de *L. cavillone* qui est court et large.
- Le rapport entre périmètre et longueur de l'opercules montre une répartition presque homogène entre les espèces. Les plus grandes valeurs sont observées chez *C. lastoviza* et *L. cavillone*. Cela peut s'expliquer par la denticulation importante des deux opercules.



**Figure III. 8.** Boite à moustaches des indices et données de mesures de l’opercule gauche des triglidés de la côte algérienne

Le test statistique des données de mesures à l’aide d’une analyse de variance (ANOVA) a permis d’avoir les résultats consignés dans le tableau (III. 4).

Ces résultats montrent que  $p$  values calculé pour l’ensembles des données de mesure sont inférieur à 0.05 ( $p=0.00 < 0.05$ ). L’hypothèse nulle de départ sera rejetée, ce qui signifie qu’il y’a une

différence significative entre les données de mesure des espèces de triglidés étudiées quel que soit la variable avec un taux de sécurité de 95%.

**Tableau III. 4.** Résultat du test ANOVA effectué les données de mesure

	SC	Ddl	MC	F	P
Surface	42545.0	5	8509.0	33.9285	0.00
Périmètre	7170.4	5	1434.1	27.626	0.00
Longueur	705.32	5	141.06	29.939	0.00
Largeur	359.359	5	71.872	31.988	0.00

Pour savoir qu'elles sont les espèces responsables à cette différence significative on faisait appel à un test Post Hoc (test de Scheffe) pour les indices de forme. Les résultats sont consignés dans les tableaux (III.5, III. 6 et III. 7). Les valeurs en gras correspondent aux différences significatives.

**Tableau III. 5.** Résultat du test de Scheffe effectué sur le rapport surface/la longueur

Espèces	<i>C. obscurus</i>	<i>L. cavillone</i>	<i>L. dieizeidei</i>	<i>C. lastoviza</i>	<i>C. lucerna</i>	<i>T. lyra</i>
<i>C. obscurus</i>	---					
<i>L. cavillone</i>	0.968657	--				
<i>L. dieizeidei</i>	0.194045	0.368220	--			
<i>C. lastoviza</i>	<b>0.000000</b>	<b>0.000000</b>	<b>0.000000</b>	--		
<i>C. lucerna</i>	<b>0.000000</b>	<b>0.000000</b>	<b>0.000000</b>	0.999941	--	
<i>T. lyra</i>	0.544270	0.246781	0.031841	0.378703	0.398560	--

Les résultats du test post hoc (Tab. III. 5) montre que les deux espèces du genres *Lepidotrigla* sont significativement différents des deux espèces *C. lastoviza* et *C. lucerna* ayant les surfaces d'operculaires les plus importantes.

Concernant le rapport entre périmètre et longueur d'operculaire, *C. lastoviza* et *L. cavillone* présentent une différence significative en comparaison aux autres espèces. Cette différence peut s'expliquer par le long périmètre calculé chez les deux espèces à cause du nombreux denticule existantes sur les bords des courbures de l'opercule.

**Tableau III. 6.** Résultat du test de Scheffe effectué sur le rapport périmètre/longueur

Espèces	<i>C. obscurus</i>	<i>L. cavillone</i>	<i>L. dieizeidei</i>	<i>C. lastoviza</i>	<i>C. lucerna</i>	<i>T. lyra</i>
<i>C. obscurus</i>	--					
<i>L. cavillone</i>	<b>0.000000</b>	--				
<i>L. dieizeidei</i>	0.927912	<b>0.000000</b>	--			
<i>C. lastoviza</i>	<b>0.000000</b>	0.968192	<b>0.000000</b>	--		
<i>C. lucerna</i>	0.986223	<b>0.000000</b>	0.660426	<b>0.000000</b>	--	
<i>T. lyra</i>	0.994763	<b>0.000001</b>	1.000000	<b>0.000000</b>	0.941536	--

**Tableau III. 7.** Résultat du test de Scheffe effectué sur le rapport largeur/la longueur

Espèces	<i>C. obscurus</i>	<i>L. cavillone</i>	<i>L. dieizeidei</i>	<i>C. lastoviza</i>	<i>C. lucerna</i>	<i>T. lyra</i>
<i>C. obscurus</i>	--					
<i>L. cavillone</i>	0.842074	--				
<i>L. dieizeidei</i>	<b>0.000003</b>	<b>0.000000</b>	--			
<i>C. lastoviza</i>	<b>0.000018</b>	<b>0.000040</b>	<b>0.000000</b>	--		
<i>C. lucerna</i>	0.968003	0.415428	<b>0.008499</b>	<b>0.000013</b>	--	
<i>T. lyra</i>	0.992801	0.840341	0.272645	<b>0.021973</b>	1.000000	--

Le test de comparaison des couples de rapport largeur/longueur (Tab. III. 7) des espèces deux à deux montre que *C. lastoviza* est significativement différents de l'ensemble ce qui confirme les observations effectuées à l'œil nue. Cette espèce est caractérisé par l'opercule le plus large.

A l'exception de *T. lyra*, l'opercule de *L. dieuzeidei* est significativement différent des autres espèces vis-à-vis sa largeur en rapport de la longueur. Ce qui confirme que cette espèce a un opercule très étroit et plus prolongé dorso-ventralement que les autres.

En résumé, cette analyse a permis de confirmer les résultats de la description morphologique et celles de l'analyse de la morphométrie géométrique. Elle a permis aussi de discriminer seulement les deux espèces *C. lastoviza* par son opercule large et *L. dieuzeidei* présentant l'opercule le plus long et le plus étroit.

### 5.1. Analyse des descripteurs de la forme

397 coefficients d'elliptiques de Fourier normalisés ont été extrait de chaque contour d'opercule soit 99 harmoniques. Le test de puissance de Fourier a montré que 41 harmoniques permettront la reconstruction de 99.99% de la forme de l'opercule gauche des triglidés.

Le contour établi par les 41 harmonique a subis un test d'analyse de variance avec permutation sur "rda" package et les résultats sont consignés dans le tableau (III. 8).

**Tableau III. 8.** Test ANOVA du contour à partir des descripteurs de Fourier

Groupe	SC	ddl	MC	F	P
Espèces	0.026673	5	0.011367	21.991	0.001

La probabilité  $p = 0.001 < 0.05$  montre que la forme 99.99% de la forme du contour de l'opercule est significativement différente entre les espèces de triglidés.

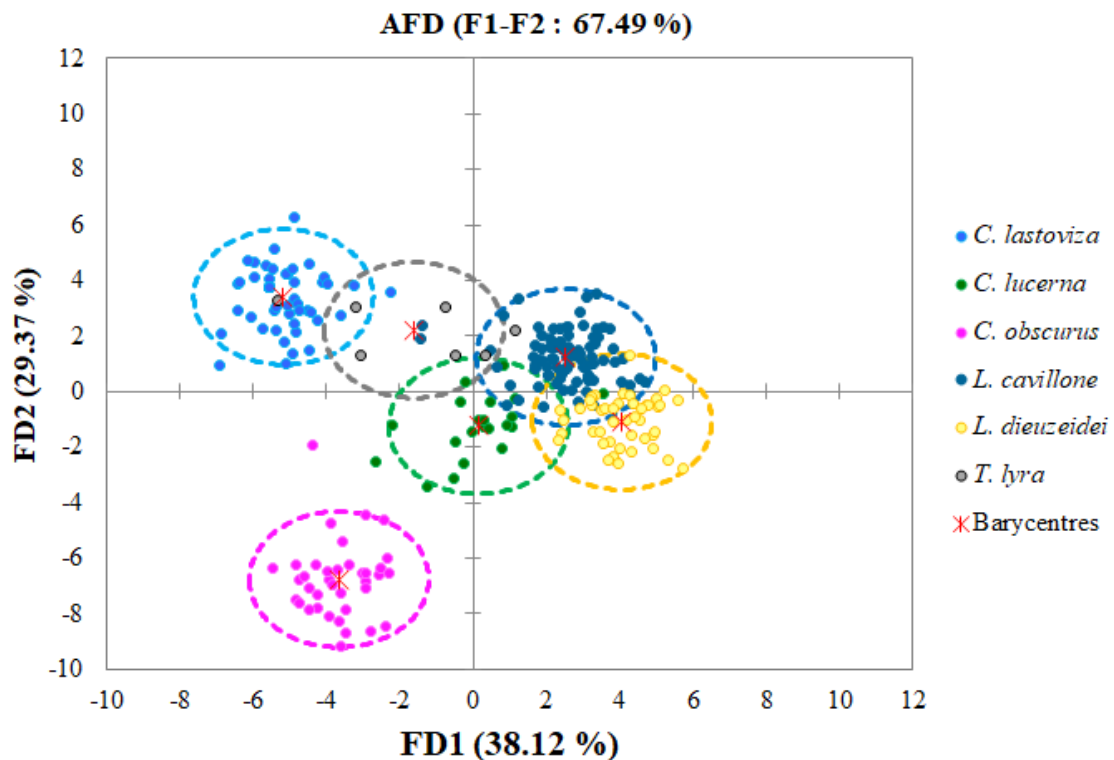
Les résiduels ont été utilisé pour l'analyse factorielle discriminante. Le tableau (III. 9) représente les valeurs propres de la FDA. Ce dernier montre que 67.49% de la discrimination totale est présenté par les deux premiers axes.

**Tableau III. 9.** Vecteur propre de l'AFD effectuée sur les résidus des descripteurs de Fourier

Axes discriminants	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	13.145	10.130	6.823	3.412	0.978
Discrimination (%)	38.116	29.372	19.785	9.892	2.834
% cumulé	38.116	67.488	87.273	97.166	100.000

Les coordonnées des observations issues de l'analyse factorielle discriminante AFD sont projeté dans le plan 1-2 (Fig. III.10). Ce plan discriminant résume 67.49% de la discrimination totale entre les groupes d'espèce avec un risque  $\alpha$  de 0.05.

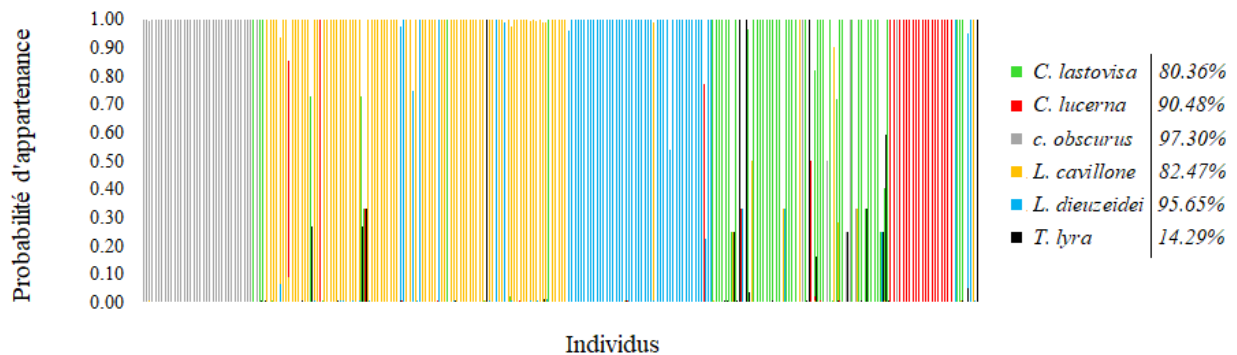
Les groupes formés par l'analyse discriminante canonique montre qu'il y'a une bonne discrimination entre les 6 groupes d'espèces. *C. lastoviza* et *C. obscurus* sont nettement discriminés des autres par le premier axe. Sur les deuxièmes ces derniers sont discriminés l'un de l'autre.

**Figure III. 9.** AFD des descripteurs de Fourier de l'opercule gauche interne des Triglidae

La validation croisée (cross-validation) des différents descripteurs à partir de la classification à priori vers les groupes à posteriori (Fig. III. 10) met en évidence que 95.65% et 97.48% d'individus de *L. dieuzeidei* et *C. obscurus* respectivement sont affecté à leurs groupes donnés à priori. Chez *T. lyra* seulement 14.29% des individus ont été réaffecté à ce groupe, cela peut être due au nombre faible d'opercule utilisé (7 opercules de *T. lyra*).

La réaffectation de presque 20 % de *L. cavillone* et *C. lastoviza* vers d'autres groupes a été observée. En général, le résultat de cette discrimination est acceptable.

Le chevauchement entre la forme du contour de l'opercule, peut s'expliquer par les ressemblances entre les espèces, les différences de tailles entre les espèces ou bien à l'évolution de la forme en fonction de l'âge ou les conditions physicochimique du milieu. Une comparaison entre forme en fonction de la zone, de la profondeur et de l'âge pourra enrichir cette analyse ultérieurement.



**Figure III. 10.** Probabilité d'appartenance des individus aux différents groupes après analyse discriminante (Cross validation)

# Conclusion

Les trigles ont fait l'objet de très peu d'études sur le littoral algérien et un problème relatif à la position systématique de cette famille a toujours été posé. Notre travail s'est inspiré de cette problématique qui nous a amené à aborder le problème de la comparaison interspécifique par l'étude morpho-géométrique de l'opercule gauche interne des représentants de triglidés.

Vu que cette famille pose de nombreux problèmes de variations morphologiques à cause du polymorphisme, nous avons tenté, d'apporter des éléments de réponse à la problématique posée en introduction. La technique de la morphométrie géométrique avec ses deux approches d'analyses a permis de quantifier la forme de l'opercule, visualiser sa forme entre espèces et quantifier les variations de son contour chez les différentes espèces.

La description des pièces osseuses a montré des formes différentes de la pièce entre espèces, *L. dieuzeidei* et *C. lastoviza* sont nettement différentes des autres. La variation intraspécifique n'a pas été prise en considération dans ce travail, néanmoins nous devons signaler les variations de la forme de cette pièce à l'intérieur de la population de la même espèce.

L'étude morpho-géométrique en se basant sur la quantification de la forme et du contour de la face interne de l'opercule gauche a fait ressortir quelques points majeurs :

L'analyse des points homologues de la forme des opercules de différentes espèces a permis de discriminer le groupe d'opercules de *C. lastoviza* des autres espèces et les deux espèces *C. obscurus* et *C. lucerna* des deux espèces du genre *Lepidotrigla*. En général, un chevauchement entre les groupes est observé à l'exception de *C. lastoviza* qui est caractérisé par un opercule de forme nettement différente des autres. Un chevauchement entre les formes des différentes espèces est traduit par les similitudes morphologiques entre ces espèces polymorphes qui montrent une difficulté de reconnaissance. Cette technique a montré que le choix des points repères est très important, on risque de ne pas prendre l'information entre les points repères mise en considération.

Suivant l'analyse du contour de l'opercule par les elliptiques de Fourier dont la totalité de la forme a été quantifiée a permis de confirmer les résultats de la description morphologique et celles de l'analyse de la morphométrie géométrique. Elle a permis de discriminer les deux espèces *C. lastoviza* par son opercule large et *L. dieuzeidei* présentant l'opercule le plus long et le plus étroit de l'ensemble des espèces. Certaines discontinuités morphologiques entre les opercules, peuvent être expliquées par le polymorphisme existant chez les espèces de cette famille, les différences de tailles entre les espèces ou bien à l'évolution de la forme en fonction de l'âge ou les conditions physicochimiques du milieu. Une comparaison entre forme en fonction de la zone, de la profondeur et de l'âge en prenant en compte certaines paramètres de milieu pourra enrichir cette analyse ultérieurement.

En conclusion générale, la méthode qui est déjà utilisé sur l'otolithe, est utilisé pour la première fois sur les pièces osseuses du crâne. Elle a montré qu'elle est très pratique puisqu'elle permet de quantifier les déformations morphologiques.

En d'autre terme, il serait judicieux de faire des études plus approfondies sur les variations morpho-géométrique de l'opercule et/ou d'autres pièces squelettiques en introduisant les variations des conditions du milieu, la provenance des échantillons ainsi que l'évolution des formes avec l'âge du poisson. Ces paramètres pouvant être à l'origine de discontinuités morphologiques intraspécifiques chez certaines espèces.

Pour conclure, il est intéressant de recourir, si possible à une étude phylogénétique, à l'échelle moléculaire pour appuyer les résultats de la morphométrie.

# Références bibliographiques

**Références bibliographiques**

**ALLALI K., (1991).** Etude systématique et écologique de la famille des Triglidae d'Algérie. Mémoire de D.E.S. Alger : U.S.T.H.B, : 125 p.

**BAUCHOT M. L., PRAS A., (1980).** Guide de poissons marins d'Europe. Paris : Delachaux & Niestle. Neuchatel : 427 p.

**BAUCHOT M. L., PRAS A., (1980).** Guide de poissons marins d'Europe. Paris : Delachaux & Niestle. Neuchatel : 427 p.

**DANGNELIE P., (1973).** Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. France : (vol.1), 375 p.

**Daniel, W. W., (1978).** Biostatistics : Foundation for analysis in the health sciences. John Wiley & Sons. New York. Chichester Brisbane. Toronto : Second edition, 501 p.

**DIEUZEIDE R., NOVELLA M. & ROLAND J., (1955).** Catalogue des poissons des cotes Algériennes. III : Ostéoptérygéens (suite et fin). Bull. Trav. Stat. Aqua. Pêche Castiglione n.s.6. 384 p.

**FILALI T., (2014).** Contribution à l'étude du comportement, de la croissance et de l'exploitation de *Squalus blainvillei* (Chondrichthyens, Squalidae) dans le bassin algérien. Thèse Magister. Halieutique. Alger : ENSSMAL. 112 p.

**FISCHER W., SCHNEIDER M., & BAUCHOT M. L., (1987).** Fiches F.A.O. d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1). Méditerranée et mer noire. Zone de pêche 37. Vol. II : Vertébrés. F.A.O. Vol. 2: p.p. 761-1530.

**FISCHER W., SCHNEIDER M., & BAUCHOT M. L., (1987).** Fiches F.A.O. d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1). Méditerranée et mer noire. Zone de pêche 37. Vol. II : Vertébrés. F.A.O. Vol. 2 : p.p. 761-1530.

**Froese, R. & D. Pauly (éditeurs). (2021).** FishBase. Publication électronique sur le World Wide Web. version (02/2021). , disponible sur le web : <http://www.fishbase.org> .

**GRASSE P., (1958).** Traité de zoologie anatomie, systématique, biologie. Ed (1) Tome XIII,

**HANDJAR H., (2009).** Contribution à la systématique des Triglidae (Ostéichthyens, Scorpaeniformes) du bassin algérien. Mémoire d'ingénieur. Evaluation systématiques des ressources halieutiques. Halieutique. Alger : E.N.S.S.M.A.L, 69 p.

**HANDJAR H., (2009).** Contribution à la systématique des Triglidae (Ostéichthyens, Scorpaeniformes) du bassin algérien. Mémoire d'ingénieur. Evaluation systématiques des ressources halieutiques. Halieutique. Alger : E.N.S.S.M.A.L, 69 p.

**HEMIDA F., (2005).** Les Sélaciens de la côte algérienne : biosystématique des requins et des raies : Ecologie, Reproduction et Exploitation de quelques populations capturées. Thèse de doctorat. Océanographie. Alger : U.S.T.H.B, 272p.

**K.Mahé et al., (2018).** Directional bilateral asymmetry in otolith morphology may affect fish stock discrimination based on otolith shape analysis. ICES Journal of Marine Science (2018), doi:10.1093/icesjms/fsy163.

**KUHL F.-P. et GIARDINA C.-R., (1982).** Elliptic Fourier features of a closed contour. Computer Graphics and Image Processing, 18: p.p. 236-258

**LIBUNGAN L.-A., (2015).** Identification of herring populations. Thèse de doctorat. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Iceland : 135 p.

**METAIRIE L., (2014).** Apports de la morphométrie géométrique à la paléanthropologie dentaire. Le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire soutenue à l'Université Claude Bernard / Lyon1/ UFR d'Odontologie. Disponible sur le web : [THESE Laure METAIRIE 2014.pdf \(laboratoiredanthropologieanatomiqueetdepaleopathologiedelyon.fr\)](#)

**NEEDHAM A. E., (1950).** The form transformation of the abdomen of the female pea-crab, *Pinonotheres pisum* Leach. Proceeding of the Royal society B., 137 : p.p. 115-136.

**PATRICK L., (2015).** Guide d'identification des poissons marins Europe et méditerranée. France .3ème édition. 430 p.

**STATSOFT (1997).** STATISTICA pour Windows. StatSoft France - [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

**STRANSKY C. et MACLELLAN S.E., (2005).** Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 62: p.p.2265-2276.

**TIXIER A., et GAILLARD J.M. (1969).** Anatomie animale et dissection. Paris : Ed Vigot frères, p.p. 301-304.

**TUSET V.-M., LOMBARTE A., GONZALEZ J.-A., PERTUSA J.-F. et LORENTE M.-J., (2003).** Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. Journal of Fish Biology, 63: pp 1491–1504

**Van der Laan, R. & Fricke, R. (2021).** ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES : FAMILY-GROUP NAMES disponible sur le web (<http://www.calacademy.org/scientists/catalog-of-fishes-family-group-names/>). Electronic version accessed dd mmm 2021.

## **Résumé**

La famille des Triglidae est parmi les familles qui ont fait l'objet de peu d'études systématiques en Algérie, les travaux ont été basés sur une morphométrie traditionnelle ou linéaire. Qui a montré des discontinuités morphologiques et des variations inter et intraspécifiques. La méthode a présenté de nombreux inconvénients ; ce qui explique qu'elle a ensuite évolué vers la morphométrie géométrique. La morphométrie géométrique de l'opercule gauche interne des triglides par ses deux principales méthodes (analyse de landmarks et de contour) a fait l'objet de ce travail. Elle prend en considération la totalité de la forme de la pièce s'avère qu'elle est très utile et ses résultats sont acceptables pour la révision systématique et comparaison des variations inter et intraspécifique. Elle a montré encore des variations intraspécifiques. Une étude morpho-géométrique d'autres pièces, de symétrie ainsi de phylogénie avec introduction des conditions physicochimiques du milieu peuvent éclaircir l'origine de cette discontinuité morphologique.

**Mots clés :** Triglidae, morpho-géométrie, morphométrie, systématique, contour, Bassin algérien

---

## **Abstract**

Gurnards is among the species that have been the subject of few systematic studies in Algeria, these studies have been based on a traditional or linear morphometry. Which showed morphological discontinuities inter and intraspecific level. The method presented many disadvantages; which explains why it then evolved towards geometric morphometry. The geometric morphometry of the internal left operculum of Triglidae by its two main methods landmarks and contour analysis was the subject of this work. It takes into consideration the totality of the shape of the piece and is very useful and its results are acceptable for the systematic review. Some intraspecific variations showing polymorphism in Triglidae. A morpho-geometric study of other bones, symmetry as well as phylogeny using habitat and climatic parameters could clarify the origin of this morphological discontinuity.

**Keywords:** Triglidae, morpho-geometry, morphometry, systematics, contour, Algerian Basin