

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales
et Systématique Moléculaire



THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Ressources halieutiques

Présentée par :

M. BOUKEDJOUTA Rachid

Thème

**Comportement, Biologie et Exploitation du genre (*Epinephelus*) des côtes
Algériennes**

Soutenu le: 25 /11/2020

Devant le jury composé de :

| | | | |
|------------------------|------------|----------------------------|--------------------|
| Mme SOUALILI Dina Lila | Professeur | UMAB- Mostaganem | Présidente |
| M. MOUFFOK Salim | Professeur | Université Oran I | Examineur |
| M. BEKADA Ahmed M. Ali | Professeur | Centre Univ. de Tissemsilt | Examineur |
| Mme MARZOUG Douniazed | Professeur | Université Oran I | Examinatrice |
| Mme BENAMAR Nardjess | Professeur | UMAB-Mostaganem | Examinatrice |
| M. MEZALI Karim | Professeur | UMAB-Mostaganem | Directeur de thèse |

Année universitaire : 2019/2020

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales
et Systématique Moléculaire



THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Ressources halieutiques

Présentée par :

M. BOUKEDJOUTA Rachid

Thème

**Comportement, Biologie et Exploitation du genre (*Epinephelus*) des côtes
Algériennes**

Soutenu le: 25 /11/2020

Devant le jury composé de :

| | | | |
|------------------------|------------|----------------------------|--------------------|
| Mme SOUALILI Dina Lila | Professeur | UMAB- Mostaganem | Présidente |
| M. MOUFFOK Salim | Professeur | Université Oran I | Examineur |
| M. BEKADA Ahmed M. Ali | Professeur | Centre Univ. de Tissemsilt | Examineur |
| Mme MARZOUG Douniazed | Professeur | Université Oran I | Examinatrice |
| Mme BENAMAR Nardjess | Professeur | UMAB-Mostaganem | Examinatrice |
| M. MEZALI Karim | Professeur | UMAB-Mostaganem | Directeur de thèse |

Année universitaire : 2019/2020

*« Dans toute science les règles servent peu sans un exercice
continuel ».*

Proverbe italien (1826)

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers,

A ma chère mère

Aucune dédicace ne serait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être

Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me porte depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que le dieu tout puissant vous accord santé, bonheur et long vie.

A la mémoire de mon Père Hocine

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

*A ma petite famille, ma femme « Fatima », mes adorables enfants : Mohamed
Ali et Israa*

Mes frères et mes sœurs ; Samira et Houria

*A tous les membres de ma famille, petits et grands Veuillez trouver dans ce
modeste travail l'expression de mon affection.*

Remerciements

Cette thèse est le fruit de six années de travail durant lesquelles j'ai pu bénéficier de la culture provenant du milieu universitaire et professionnel. Évidemment, bien que ce travail soit personnel, beaucoup de personnes y ont largement contribué que ce soit directement ou indirectement.

Au terme de ce modeste travail, Je suis très heureux de pouvoir exprimer ma gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse de doctorat.

*Mes plus sincères remerciements vont tout particulièrement à mon directeur de thèse, **M. Karim MEZALI**, Professeur au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture et Directeur du Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marine et Littoral et Systématique Moléculaire (LPVRMLSM) à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. Je le remercie d'avoir accepté, de diriger et de suivre constamment la progression de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives. Merci de m'avoir accompagné durant ce long chemin, je vous en suis très reconnaissant. Votre compétence en phylogénie moléculaire, vos remarques constructives pour les corrections de ce manuscrit et votre investissement m'ont permis d'avancer à grand pas dans ma formation en doctorat.*

Un grand merci aux membres de jury, qui ont accepté de juger ce modeste travail :

*J'adresse mes remerciements à **Mme. SOUALILI Dina Lila**, Professeur au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture et Doyenne de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, qui me fait l'honneur de présider ce jury malgré ces nombreuses occupations. Qu'elle trouve dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance ;*

*Je remercie **M. MOUFFOK Salim**, Professeur et enseignant chercheur à l'Université d'Oran I Ahmed BENBELLA et membre actif au Laboratoire de recherche Réseau de Surveillance Environnementale (LRSE), pour l'honneur qu'il me fait en acceptant d'examiner cette thèse ; Qu'il me soit permis d'exprimer ici l'expression de mon profond respect ;*

*Je remercie **M. BEKADA Ahmed Mohamed Ali**, Professeur au Centre Universitaire de Tissemsilt, qui me fait l'honneur de juger cette thèse malgré ses nombreuses occupations ;*

*Je remercie **Mme. BENAMAR Nardjess**, Professeur au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour avoir accepté d'examiner mon travail et apporter ces remarques constructives ;*

*Je remercie **Mme. MARZOUG Douniazed**, Professeur à l'Université d'Oran I Ahmed BENBELLA et membre actif au Laboratoire de recherche Réseau de Surveillance Environnementale (LRSE) et spécialiste en Parasitologie marine, pour avoir accepté de juger ce modeste travail.*

Je remercie le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), de m'avoir fourni l'aide financière nécessaire pour effectuer un stage de courte durée au niveau du Laboratoire de virologie de l'Institut Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Italie).

*Je remercie tout particulièrement **Docteur ANNA TOFFAN**, pour son accueil chaleureux au sein du Laboratoire de virologie de l'Institut Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Italie). Pour son aide précieuse lors de la partie analyses virologiques, pour avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires pour le bon déroulement de mon stage, pour ses encouragements et sa gentillesse.*

*Mes sincères remerciements à **M. TOBIA Pretto**, **Mme. Miriam Abbadi** et **Mme. Lorena Biasini** de l'Institut Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Italie), pour leurs aides précieuses dans la partie analyses virologiques.*

Liste des abréviations

AHNV : Atlantic Halibut Nodavirus

AMP : les aires marines protégées.

ARN : acide ribonucléique

BFNNV : Barfin Flounder nervous necrosis virus.

GEM : groupe d'étude du mérrou.

IHC : Immunohistochimie.

IZSve : l'Institut Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Italie).

K : le taux de croissance annuel.

kb: kilobit

KDa: kilodalton, unité de mesure de masse moléculaire

L_{∞} : la longueur asymptotique

Ls : longueur standard du poisson.

Lt ; longueur total du poisson

nm: le nanomètre.

OIE : Organisation Mondiale de la Santé Animale.

psu : practical salinity unit.

RGNNV : Red-spotted Grouper nervous necrosis virus.

ROV : Remotely Operated underwater Vehicle

SJNNV: Striped jack nervous necrosis virus.

T° : la température annuel moyenne

TNV: Turbot Nodavirus.

TPNNV: Tiger Puffer nervous necrosis virus

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

VER : l'encéphalopathie et la rétinopathie virales.

VNN : Nécrose Nerveuse Virale.

VNN : viral nervous necrosis.

Wt : poids total du poisson

Liste des tableaux

Tableau 1. Résumé des différents synonymes taxonomique d'*Epinephelus marginatus* et d'*Epinephelus costae* (Heemstra et Randall, 1993).....9

Tableau 2. Noms vernaculaires du mérrou brun (*E. marginatus*) et de la badèche (*E. costae*) dans différents pays. 10

Tableau 3. Variantes génotypiques et phénotypiques des bétanodavirus (OIE, 2019)..... 30

Tableau 4. Espèces de poissons affectées par VER / VNN (OIE, 2019). 32

Tableau 5. Taxonomie phylogénique adoptée pour les deux espèces étudiées (Lecointre et Le Guyader, 2007). 38

Tableau 6. Taille (Lt en cm) observée et taille calculée rétrospectivement pour *E. marginatus* des côtes algériennes. 56

Tableau 7. Taille (Lt en cm) observée et taille calculée rétrospectivement pour *E. costae* des côtes algériennes. 57

Tableau 8. Distribution de fréquence de taille, du mérrou brun (*E. marginatus*) et de la badèche (*E. costae*) dans la côte algérienne. 58

Tableau 9. Clé âge longueur du mérrou brun (*E. marginatus*) des côtes algériennes (FISAT 1.2.0, Gayanilo *et al.*, 2005). 60

Tableau 10. Clé âge longueur de la badèche (*E. costae*) obtenu à partir de la méthode indirecte (Bhattacharya ,1967) exploité dans des côtes algériennes. 61

Tableau 11. Paramètres de croissance linéaire de Von Bertalanffy (1938) du mérrou brun (*E. marginatus*) (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005). 62

Tableau 12. Paramètres de croissance obtenus par analyse de structures d'âge de la badèche (*E. costae*). 63

Tableau 13. Répartition des poids moyens par classe de taille pour le mérrou (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes. 66

Tableau 14. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale du mérrou brun (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes. 65

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 15. Poids moyen théoriques (grammes) à divers âges du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) et de la badèche <i>E. costae</i> exploitée dans les côtes algériennes. | 67 |
| Tableau 16. Mortalités total (<i>Z</i>) du mérrou <i>E. marginatus</i> et la badèche (<i>E. costae</i>) exploité dans les côtes algériennes selon différentes méthodes. | 68 |
| Tableau 17. Mortalités naturelle du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) et la badèche (<i>E. costae</i>) des côtes algériennes. | 69 |
| Tableau 18. Les données sur les échantillons collectés. Pour chaque spécimen, l'ID de l'échantillon, l'espèce, les données morphométriques, la date et le site de prélèvement, la température de l'eau et les lésions observées sont indiqués | 70 |
| Tableau 19. Les analyses effectuées pour chaque échantillon, et les résultats obtenus sont rapportés. Entre parenthèses, les analyses avec des résultats positifs sont indiquées. | 75 |
| Tableau 20. Nom de l'isolat, espèce hôte, pays d'origine, génotype et numéro d'accession des souches RGNNV, SJNNV et réassorties utilisées dans l'arbre phylogénétique. | 82 |
| Tableau 21. L'âge et les paramètres croissance Von Bertalanffy du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) et la badèche (<i>E. costae</i>) ; dans différentes régions..... | 85 |

Liste des figures

Figure 1. Carte de la mer Méditerranée. Sur la carte sont nommés les différents pays de la méditerrané, les principaux passages et détroits de la Méditerranée..... 4

Figure 2. Les différents engins de pêche utilisée dans la pêche des mérours en Algérie. A : filet trémail, (B) : filet maillant ; (C) : palangre de fonds ;(D) : arbalète. 7

Figure 3. Morphologie externe du mérour brun (*Epinephelus marginatus*)... 13

Figure 4. La répartition géographique du mérour brun *Epinephelus marginatus* qui comprend trois zones principales: (1) : nord-est de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée, et nord et nord-ouest de l'Afrique, (2) : sud-est de l'océan Atlantique et sud-ouest de l'océan Indien et (3) : le sud-ouest de l'océan Atlantique (Condini *et al.*, 2018) 15

Figure 5. Morphologie externe de la badèche *Epinephelus costae*(Doğdu et Turan 2016) 19

Figure 6. Distribution géographique de la badèche *E. costae* (Francour et Pollard, 2018)..... 20

Figure 7. Morphologie externe du Mérour blanc *Epinephelus aeneus* (Geoffroy St.Hilaire, 1817)..... 24

Figure 8. Distribution géographique du mérour blanc *E. aeneus* dans le monde. 25

Figure 9. Morphologie externe du mérour gris (mérour à dent de chien) *E. caninus* (Doğdu et Turan 2016) 26

Figure 10. Distribution géographique du mérour à dent de chien *E. caninus* (d'après Francour et Pollard, 2018). 27

Figure 11. Localisation des sites d'échantillonnages d'*E. marginatus* et d'*E. costae* des côtes Algériennes. 38

Figure 12. Dispositif d'observation utilisé pour l'analyse numérique des écailles du mérour *E. marginatus* et la badèche *E. costae* à partir du logiciel TNPC 7 (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées)..... 40

Figure 13. Exemple des écailles du mérour et de la badèche ; **A** : le noyau d'un écaille et l'anneau d'arrêt de croissance. **B** : Ecailles d'*Epinephelus costae* des côtes Algériennes âgée de 8 ans, avec les mesures de l'accroissement marginal (AM) ; R1, R2...R8. **C** et **E** : écailles régénérées ; **D** : écailles d'*Epinephelus marginatus* âgée de 14 ans avec les mesures de

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| l'accroissement marginal (AM) ; R1, R2...R14..... | 54 |
| Figure 14. Relation longueur totale -rayon de l'écaille, des deux espèces étudiées ; (A): <i>E. marginatus</i> et (B): <i>E. costae</i> | 55 |
| Figure 15. Polygone de la distribution fréquence de taille du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) de la côte algérienne | 59 |
| Figure 16. Polygone de la distribution fréquence de taille de la badèche (<i>E. costae</i>) de la côte algérienne..... | 60 |
| Figure 17. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) tous sexes confondus par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, Gayanilo <i>et al.</i> , 2005).. | 61 |
| Figure 18. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles de la badèche (<i>E. costae</i>) en cohortes par la méthode de Bhattacharya. | 62 |
| Figure 19. Courbe de croissance linéaire obtenue par l'équation de Von Bertalanffy du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) des côtes algériennes..... | 63 |
| Figure 20. Estimation des paramètres de la croissance linéaire d' <i>E. costae</i> par la méthode de Powell –Wetherall (FISAT 1.2.0. Gayanilo <i>et al</i> ,2005). | 64 |
| Figure 21. Relation taille-poids du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) des côtes algériennes. | 66 |
| Figure 22. Relation taille-poids de la badèche (<i>E. costae</i>) des côtes algériennes. | 66 |
| Figure 23. Courbe théorique de la croissance pondérale du mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) exploité dans les côtes algériennes. | 67 |
| Figure 24. Courbe théorique de la croissance pondérale de la badèche (<i>E. costae</i>) exploité dans les côtes algériennes. | 68 |
| Figure 25. Détermination de la mortalité totale Z à partir de la courbe de capture linéarisée (A): <i>E. marginatus</i> , (B): <i>E. costae</i> (FISAT II, Gayanilo <i>et al.</i> , 2005) | 69 |
| Figure 26. Lésions externes sur <i>Epinephelus marginatus</i> congelé [19ITT-V / 979 d'Oran (A-E)]. A: <i>E. marginatus</i> ; B: opacité cornéenne et déshydratation du bulbe oculaire; C: érosion cutanée et ulcération du derme avec exposition de la musculature sous-jacente; D: érosion de la membrane des premiers rayons de la nageoire anale ; E: érosion de l'apex de la nageoire pectorale; F: un foie pâle et friable | 72 |

Figure 27. Lésions externes sur *Epinephelus costae* [19ITT-V / 978 de Collo]. A: *E. costae*; B: érosion cutanée du pédoncule caudal, rupture et érosion de la membrane de la nageoire caudale C: opacité cornéenne (flèche); D: encéphale encombré; E: exposition de la cavité cœlomique avec un foie pâle et friable et une vessie natatoire hyper-gonflée (flèche). 73

Figure 28. Résultats de l’histologie et l’Imminohistochimie (IHC) sur les yeux et les cerveaux des échantillons positifs (présence du bétanodavirus) d'*E. costae* (A, B C, D, E, F et G), présence de légers Immunoprécipités douteux (indiquées en flèches blanches) dans le mésencéphale e **Figure 28.** Résultats de l’histologie et l’Imminohistochimie (IHC) sur les yeux et les cerveaux des échantillons positifs (présence du betanodavirus) d'*E. marginatus* et *E. costae* ; Fig. 3A : Immunoprécipités intenses dans différentes couches rétinienne d'*E. marginatus*, récolté à Collo (19ITT-V/378.16), avec de légères vacuolisations (pointes de flèches). Les espaces vides entre les couches rétinienne sont des artefacts de coupe (IHC, 10X) ; Fig 3B : couches rétinienne d'*E. marginatus* à un grossissement accru ; précipite dans la couche nucléaire interne (flèche), la couche plexiforme interne (*) et la couche de cellules ganglionnaires (tête de flèche) (IHC ; 25X) ; Fig 3C : *E. marginatus* (19ITT-V/378.16) diencéphale avec immunoprécipités diffus (pointes de flèches) (IHC ; 4X) ; Fig 3D : grossissement accru du parenchyme encéphalique d'*E. marginatus* avec vacuolisations putatives (flèche) (Boukedjouta *et al.*, 2020) 76

Figure 28 (suite). Résultats de l’histologie et l’IHC sur les yeux et les cerveaux des échantillons positifs (présence du betanodavirus) d'*E. marginatus* et d'*E. costae*. Fig 3E : Congestion légère des vaisseaux sanguins méningés et encéphaliques (flèches) observée chez *E. marginatus* (19ITT-V/378.3) (H-E ; 4X) ; Fig 28F : immunoprécipités légers dans le mésencéphale (flèches) chez *E. marginatus* collectés à Oran (19ITT-V/979) (IHC ; 25X) ; Fig 28G : Immunoprécipités intenses dans les couches rétinienne d'*E. costae* congelés collectés à Collo (19ITT-V/978), les artefacts de congélation sont mis en évidence (flèches) (IHC ; 25X) ; Fig 3H : immunoprécipités diffus dans le parenchyme encéphalique d'*E. costae* (IHC ; 10X) (Boukedjouta *et al.*, 2020). 77

Figure 29. Arbre phylogénétique RNA1 et RNA2 de voisinage basé sur des séquences partielles d'ARN1 et d'ARN2. Les échantillons de bétanodavirus d'Algérie sont surlignés en rouge (19ITT/ 978-2; 19ITT/ 979-2). La subdivision du génotype du bétanodavirus est affichée (RGNNV; BFNNV; TPNNV; SJNNV). Les valeurs bootstrap sont indiquées sur les nœuds (seules les valeurs > 70% sont rapportées), tandis que les longueurs de branche sont mises à l'échelle en fonction du nombre de substitutions de nucléotides par site (Boukedjouta

et al., 2020). 81

Figure 30. Variation temporelle (1950-2014) des prises brutes mondiales (tonnes) du mérrou brun (*Epinephelus marginatus*) (établie à partir de la base de données FAO 2015)..... 91

RÉSUMÉ

Le présent travail est consacré à l'étude de la biologie, l'écologie, l'exploitation et les causes de mortalités du genre *Epinephelus* de la côte algérienne. Au cours de notre suivi (2015-2020), nous avons remarqué la présence des quatre espèces du genre *Epinephelus* le long de la côte algérienne : le mérrou brun *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), la badèche *Epinephelus costae* (Steindachner, 1878), le mérrou blanc *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817) et le mérrou gris *Epinephelus caninus* (Valenciennes, 1843). Durant notre période d'étude, deux espèces étaient dominantes, il s'agit du mérrou brun *Epinephelus marginatus* et la badèche *Epinephelus costae*, choisies comme espèces ciblées pour cette étude. L'âge et la croissance des deux populations échantillonnées ont été estimés par deux méthodes, la méthode indirecte (Bhattacharya) et la directe (scalimétrie). La croissance d'*E. marginatus* et d'*E. costae* a été décrite par le modèle classique de Von Bertalanffy. L'indice de performance (ϕ) montre une croissance relativement lente de la population avec un L_{∞} = 166 cm et un $K = 0,11 \text{ an}^{-1}$ pour *E. marginatus*. Tandis que la croissance de badèche *E. costae* se caractérise par une croissance relativement rapide ($k=0.14\text{an}^{-1}$) et une longueur asymptotique égal à 77.99 cm. La croissance relative de ces deux espèces est globalement isométrique ($b= 3,218$ pour le mérrou et 3.044 pour la badèche). Vu les mortalités importantes et inexplicables qui ont touché les stocks des mérrou dans les côtes algériennes ainsi que dans la méditerranée et d'autres régions du monde, l'état de santé de ces deux espèces a été étudié par une approche : histologique, immunohistochimique et virologique. Les analyses virologiques des yeux et du cerveau nous ont décrit une infection à bêtanodavirus chez les deux espèces : le mérrou brun *E. marginatus* et la badèche *E. costae*. Le diagnostic nécropsique, a permis de faire ressortir les signes cliniques caractéristiques à savoir : des lésions externes, des yeux opaques et une congestion cérébrale, généralement associés à une encéphalopathie virale et une infection à la rétinopathie (VER). Les séquences partielles d'ARN1 et d'ARN2 de deux souches virales ont été obtenues en utilisant les techniques de la RT-PCR, le betanodavirus de l'espèce RGNNV (Red-spotted grouper nervous necrosis virus) a été détecté. Aussi, l'analyse phylogénétique effectuée a révélé que nos deux séquences d'ARN sont étroitement apparentées à des souches précédemment détectées dans des mérrou de la même zone géographique. Les résultats obtenus dans cette étude soutiennent l'hypothèse que La maladie VER est endémique dans la population de mérrou algériens.

Mots clés : *Epinephelus marginatus*, *Epinephelus costae*, croissance, exploitation, Nécropsie, Betanodavirus, Encéphalopathie virale, Rétinopathie virale, Côte Algérienne

Abstract

This research work is devoted to the study of biology, ecology, exploitation and the causes of mortalities of the genus *Epinephelus* of the Algerian coast. During our survey (2015:2020), we noticed the presence of four species of the genus *Epinephelus* along the Algerian coast: the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), the golden grouper *Epinephelus costae* (Steindachner, 1878), the white grouper *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint Hilaire, 1817) and the dogtooth grouper *Epinephelus caninus* (Valenciennes, 1843). During our study period, two species were dominant: the dusky grouper *Epinephelus marginatus* and the golden grouper *Epinephelus costae*, which led us to choose them as target species for this study. Age and growth of the two sampled populations were estimated by two methods, the indirect method (Bhattacharya) and the direct method (scalimetry). Growth of *E. marginatus* and *E. costae* were described by the classic model of Von Bertalanffy. The performance index (despite) shows relatively rapid population growth with an $L_{\infty} = 166$ cm and a $K = 0.11$ / year for *E. marginatus*. The relative growth of these two species is broadly isometric ($b = 3,218$ for dusky grouper and 3.044 for Golden grouper). Given the large and unexplained mortalities that have affected the stocks of groupers in the Algerian coasts, the Mediterranean and other parts of the world, the health status of these two species has been studied by a histological, immunohistochemical and virological approach. Virological analyzes of the eyes and brain described a betanodavirus infection in both species: dusky grouper *E. marginatus* and golden grouper *E. costae*. The necropsic diagnosis revealed characteristic clinical signs, external lesions, opaque eyes and stroke, usually associated with viral encephalopathy and retinopathy (VER) infection. Partial RNA1 and RNA2 sequences of two viral strains were obtained using RT-PCR. The betanodavirus of species RGNNV (Red spotted group nervous necrosis virus) is detected. The phylogenetic analysis revealed that our RNA sequences were closely related to previously detected strains in groupers in the same geographic area. The results obtained in this study support the hypothesis that VER disease is endemic in the Algerian groupers population.

Key words: *Epinephelus costae*, *Epinephelus marginatus*, groupers, growth, mortalité, viral encephalo-retinopathy, betanodavirus, Algeria.

ملخص:

كرست هذه الدراسة لتقييم علم الأحياء والبيئة والاستغلال وأسباب وفيات لجنس *Epinephelus* في الساحل الجزائري؛ لقد سجلنا وجود أنواع من أسماك الهامور من نوع *Epinephelus* في الساحل الجزائري وهي: الهامور البني (*E. marginatus*) (*E. aeneus*) (*E. costae*)، *E. caninus*). خلال فترة الدراسة، هناك نوعان مهيمانان مما دفعنا إلى اختيارهما كنوعين مستهدفين لهذه الدراسة: *E. marginatus* و *E. costae*. وبالنظر إلى موجات الوفيات غير المبررة التي أثرت على مخزونات أسماك الهامور على طول الساحل الجزائري وكذلك على البحر الأبيض المتوسط ومناطق أخرى من العالم، فقد تمت دراسة الحالة الصحية لهذين النوعين من خلال تحليل الفيروسات. وقُدِّر العمر والنمو بالطريقة غير المباشرة و المباشرة عن طريق قراءة الحراشف الذي أعطانا نتائج مرضية ومعدل نجاح مرتفع (المقاييس: 94.5 في المائة). يتم فرد حلقة واحدة فقط في السنة للمجمع *E. marginatus* و *E. costae* ويسجل في آذار/ مارس. نمو *E. marginatus* و *E. costae*. وقد وصفت $k = 0.11$ سنة⁻¹ و $L_{\infty} = 166$ سم والنمو النسبي للوزن والطول لهذه الأنواع متساوي القياس عموماً أي متناسق ($b = 3.218$). تصف التحليلات الفيروسية اثبتت وجود عدوى فيروس *bétanodavirus* في نوعين من الهامور (عائلة سيرانيداي *serranidae*)، على الساحل الجزائري: الهامور البني *E. marginatus* الهامور الفضي *E. costae*. سمح لنا التشخيص التشريحي بتحديد العلامات السريرية المميزة والآفات الخارجية والعيون المبهمة واحتقان الدماغ، وعادة ما يرتبط ذلك باعتلال الدماغ الفيروسي واعتلال الشبكية (VER). تم الحصول على تسلسلات الحمض النووي الريبي RNA1 و RNA2 الجزئية من اثنين من سلالات الفيروسية، وكشف تحليل phylogenetics وجود فيروس نخر الأعصاب المجمع الأحمر المرقط نوع (RGNNV) وثيق الصلة بالسلالات التي تم الكشف عنها سابقاً في الهامور في نفس المنطقة الجغرافية. النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة تدعم فرضية أن مرض VER متوطن في أسماك الهامور في الشريط الساحلي الجزائري.

الكلمات المفتاحية: *Epinephelus marginatus*، *Epinephelus costae*، النمو، الاستغلال، اعتلال الدماغ الفيروسي، اعتلال الشبكية الفيروسية، Betanodavirus، الساحل الجزائري.

SOMMAIRE

| | |
|--------------------------|----------|
| INTRODUCTION..... | 1 |
|--------------------------|----------|

CHAPITRE 1: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. La mer méditerranée..... | 4 |
| I.1. Le bassin algérien..... | 5 |
| I.1.1. Conditions hydrologiques du bassin algérien..... | 5 |
| I.1.1.1. L'eau atlantique modifiée (Modified Atlantic Water; MAW)..... | 5 |
| I.1.1.2. L'eau hivernale intermédiaires (Winter Intermediate Water; WIW)..... | 5 |
| I.1.1.3. L'eau intermédiaire Levantine (Levantine Intermediate Water ; LIW)..... | 5 |
| I.1.1.4. L'eau méditerranéenne profonde (Winter Mediterranean Deep Water; WMDW).... | 6 |
| I.1.2. Circulation des eaux dans le bassin algérien..... | 6 |
| I.1.2.1. Circulation des eaux modifiées d'origine atlantique..... | 6 |
| I.1.2.2. Circulation de l'eau Levantine intermédiaire..... | 6 |
| II.1. Pêche en Algérie..... | 7 |
| II.2. Les Serranidae..... | 8 |
| II.2.1. Systématiques des espèces étudiées..... | 8 |
| II.2.2. Phylogénie des mérus et des badèches..... | 9 |
| II.2.3. Synonymes et appellations vernaculaires..... | 10 |
| III. Données ecobiologiques des quatre espèces du mérou existant en Algérie..... | 11 |
| III.1. <i>Epinephelus marginatus</i> (mérou brun, Dusky grouper)..... | 11 |
| III.1.1. Critères morphologique et diagnose..... | 11 |
| III.1.2. Distribution géographique..... | 12 |
| III.1.3. Alimentation..... | 14 |
| III.1.4. Croissance..... | 15 |
| III.1.5. Reproduction..... | 15 |
| III.1.6. Protection et réglementation..... | 16 |
| III.2. <i>Epinephelus costae</i> (badèche, Golden grouper)..... | 17 |
| III.2.1. Critères morphologique et diagnose..... | 17 |
| III.2.2. Distribution géographique et habitat..... | 18 |
| III.2.3. Alimentation..... | 19 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| III.2.4. Croissance..... | 20 |
| III.2.5. Reproduction | 21 |
| III.2.6. Statut écologique et vulnérabilité..... | 21 |
| III.2.7. Intérêt économique..... | 22 |
| III.3. <i>Epinephelus aeneus</i> (mérrou blanc, white grouper)..... | 23 |
| III.3.1. Critères de distinction..... | 23 |
| III.3.2. Répartition géographique..... | 23 |
| III.3.3. Population..... | 24 |
| III.3.4. Description complémentaire..... | 25 |
| III.4. <i>Epinephelus caninus</i> (mérrou gris, dogtooth grouper)..... | 25 |
| III.4.1. Répartition géographique..... | 25 |
| III.4.2. Habitat et écologie..... | 26 |
| III.4.3. Actions de conservation..... | 27 |
| IV. La notion de maladie chez les poissons..... | 28 |
| IV.1. Définitions..... | 28 |
| IV.2. Transmission des maladies..... | 28 |
| IV.2.1. Maladie contagieuse - Maladie non contagieuse..... | 28 |
| IV.2.2. Maladie infectieuse - Maladie non infectieuse..... | 29 |
| IV.2.3. Infection - Infestation – Affection..... | 29 |
| IV.3. Encéphalopathie et Rétinopathie Virale (VER)..... | 29 |
| IV.3.1. Virus responsable de la maladie..... | 29 |
| IV.3.2. Survie du bétanodavirus en dehors de poissons..... | 31 |
| IV.3.3. Méthodes d'inactivation efficaces du virus..... | 31 |
| IV.3.4. Cycle de la vie du virus..... | 31 |
| IV.3.5. Espèces sensibles au virus..... | 32 |
| IV.3.6. Organes cibles et tissus infectés par le virus..... | 34 |
| IV.4. Mécanismes de transmission du virus..... | 35 |
| IV.5. Distribution géographique du virus..... | 35 |
| IV.6. Effet du virus sur un stock..... | 36 |
| IV.7. Facteurs environnementaux..... | 36 |

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. Sites étudiées et échantillonnage..... | 37 |
| I.1. Présentation des deux espèces étudiées..... | 38 |
| II. Etude biométrique..... | 38 |
| II.1. Estimation de l'âge..... | 38 |
| II.1.1.1. Prélèvement écailles..... | 39 |
| II.1.1. Méthode directe..... | 39 |
| II.1.1.2. Lecture des écailles..... | 40 |
| II.1.1.3. Relation longueur totale du poisson - rayon total de l'écaille..... | 41 |
| II.1.1.4. Croissance rétrospective (rétro-calcul)..... | 41 |
| II.1.2. Méthode indirecte..... | 42 |
| II.1.2.1. La méthode de Bhattacharya..... | 42 |
| II.1.2.2. Calcul de précision (P)..... | 43 |
| II.2. Etude de la croissance..... | 44 |
| II.2.1. Croissance relative..... | 44 |
| II.2.2. Croissance linéaire..... | 44 |
| II.2.3. Croissance pondérale..... | 45 |
| III. Détermination des paramètres d'exploitation..... | 45 |
| III.1. Mortalité totale (Z)..... | 46 |
| III.1.1. La courbe des captures selon les longueurs..... | 46 |
| III.1.2. Méthode de Jones (1983)..... | 46 |
| III.1.3. Méthode de Beverton et Holt (1956) <i>in</i> (Gayanilo <i>et al.</i> , 2005)..... | 46 |
| III.1.4. Méthode de Ault et Ehrhardt (1991) <i>in</i> FISAT II, Gayanilo <i>et al.</i> , 2005)..... | 47 |
| III.1.5. La méthode de Jones et van Zalinge (1981) <i>in</i> (Gayanilo <i>et al.</i> , 2005)..... | 47 |
| III.2. La mortalité naturelle (M)..... | 48 |
| III.2.1. Méthode de Taylor (1959) <i>in</i> (Ghorbel <i>et al.</i> , 1997)..... | 48 |
| III.2.2. Méthode de Pauly (1980)..... | 48 |
| III.2.3. Méthode de Longhurst et Pauly (1987, <i>in</i> Stergiou et Papaconstantinou, 1993).... | 49 |
| III.2.4. Méthode de Djabali <i>et al.</i> (1994)..... | 49 |
| III.3. La mortalité par pêche (F)..... | 49 |
| IV. Analyse virologique..... | 50 |
| IV.1. Nécropsies..... | 50 |
| IV.2. Histopathologie et immunohistochimie (IHC)..... | 50 |

| | |
|-------------------------------------------------------|----|
| IV.3. Isolement du virus (bétanodavirus)..... | 51 |
| IV.4. Extraction d'ARN, Séquençage Sanger RT-PCR..... | 51 |
| IV.5. Analyse phylogénétique..... | 52 |

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| I. RESULTATS..... | 53 |
| I.1. La scalimétrie (étude de l'âge par la méthode directe)..... | 53 |
| I.1.1. Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon de l'écaille..... | 55 |
| I.1.2. Calcul des tailles moyennes aux différents âges (rétro-calcul)..... | 55 |
| I.2. Méthode indirecte (Méthode de Bhattacharya)..... | 57 |
| I.3. Croissances..... | 62 |
| I.3.1. Croissance linéaire..... | 62 |
| I.3.2. Croissance relative..... | 64 |
| I.3.3. Croissance pondérale..... | 67 |
| I.4. Les paramètres de l'exploitation..... | 68 |
| I.4.1. La mortalité totale (Z)..... | 68 |
| I.4.2. La mortalité naturelle (M)..... | 69 |
| I.5. Résultats virologie..... | 69 |
| I.5.1. Nécropsie..... | 71 |
| I.5.2. Histopathologie et immunohistochimie..... | 73 |
| I.5.3. Isolation du virus..... | 78 |
| I.5.4. Séquençage d'ARN et analyse phylogénétique..... | 78 |
| II. DISCUSSION..... | 81 |
| II.1. Le mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) | 81 |
| II.1.1. Age et croissances | 81 |
| II.1.2. Les paramètres de la croissance de Von Bertalanffy | 82 |
| II.2. La badèche (<i>E. costae</i>) | 83 |
| II.2. Age et croissances | 83 |
| II.3. Virologie..... | 86 |
| II.4. Exploitation..... | 88 |
| CONCLUSION | 92 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 94 |

INTRODUCTION

Introduction

La famille des Serranidae contient plus de 400 espèces (Nelson, 2006), avec des espèces de petite taille tel que les barbiers et les serrans et ceux de grande taille ; les loches, les mérours et les badèches. Les espèces qui appartiennent au genres *Epinephelus* et *Mycteroperca* (Pierre *et al.*, 2007) sont les plus ciblées et pêchées dans le monde (Pierre *et al.*, 2007). Le genre *Epinephelus* comprend 98 espèces, dont 70 proviennent de la zone Indo-Pacifique, 8 de la région de l'Est du Pacifique, 11 de la région de l'Atlantique Ouest et 9 de la zone de l'Atlantique Est et méditerranéenne. Dans la région méditerranéenne, ce genre est représenté par les espèces *E. aeneus*, *E. caninus*, *E. costae*, *E. haifensis* (confusion avec *E. marginatus*), *E. marginatus*, et *E. coioides* récemment introduit par le canal de Suez (Parenti et Bressi, 2001). La classification et la systématique de ces espèces n'a pas cessé de changer avec le temps et a fait l'objet de nombreuses études (Johnson, 1983 ; Craig *et al.*, 2001 ;2009 ; Craig et Hasting, 2007 ; Smith et Craig, 2007 ; Ma *et al.*, 2016).

En Méditerranée, les mérours et les badèches appartiennent a la sous-famille Epinephelinae sont représentés par 14 espèces dont le genre *Epinephelus* est représenté par les espèces *E. aeneus*, *E. caninus*, *E. costae*, *E. haifensis* (confusion avec *E. marginatus*), *E. marginatus*, et *E. coioides* récemment introduit par le canal de Suez (Parenti et Bressi, 2001).

Vu l'importance écologique et économique que représentent les mérours (*Epinephelus ssp.*) dans de nombreuses régions du monde, comme dans le développement du tourisme subaquatique (plongée et photographie sous-marines), la présence des mérours dans un espace marin nous donne l'opportunité de créer des aires marines protégées, sont considéré comme principales causes qui influence le choix des sites de plongée sous-marine (Rudd et Tupper 2002; Felix-Hackradt et Hackradt, 2008). Les mérours (*Epinephelus spp.*) jouent un rôle important dans les pêcheries artisanales et récréatives méditerranéennes et sont généralement fortement exploités (Harper *et al.*, 2000; Coll *et al.*, 2004; Morales-Nin *et al.*, 2005; Sadovy de Mitcheson *et al.*, 2012).

En Algérie, le genre *Epinephelus* est représenté par quatre espèces [*Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), *Epinephelus caninus* (Valencienne, 1843), *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817) et *Epinephelus costae* (Steindachner, 1878)]. Les travaux consacrés à ces espèce sont peu nombreux et les données antérieures sont fragmentaires, aussi bien en Méditerranée qu'en Algérie ; parmi les travaux : on peut citer ceux relative à la biologie

du mérrou brun *E. marginatus* (Chalabi *et al.*, 1992 ; Derbal et Kara, 1995 ;1996 ; Kara et Derbal,1999 ; Feghaoui, 2009 ; Kara *et al.*,2014 ; Zaidi, 2016).

La plupart des espèces d'Epinephelinae sont menacées (Morris *et al.*, 2000 ; Aguilar-Perera, 2006 ; Sadovy de Mitcheson *et al.*, 2012). A cette menace vient s'ajouter leurs hautes sensibilités à la surpêche, combiné avec leurs caractéristiques biologiques (un faible taux de croissance, longue longévité, la grande taille, le mode de reproduction hermaphrodite protogyne) (Bouain et Siau 1983 ; Chauvet 1991 ; Reñones *et al.*, 2010) et surtout à leurs sensibilités aux encéphalopathie et rétinopathie virales (Vendramin *et al.*, 2013 ; Kara *et al.*, 2014 ; Valencia *et al.*, 2019 ; Boukedjouta *et al.*, 2020).

Afin de mener à bien cette recherche, nous nous sommes basés sur différentes sources de données ; pour des raisons liées au statut des espèces étudiés, notre échantillonnage n'est pas régulier (mensuel ou saisonniers) et provient de toutes la côte algérienne collecté des dans différentes poissonneries, la poissonnerie d'Alger ainsi que des spécimens collectés auprès des pêcheurs professionnels et récréatives (plongé sous-marine).

La présente étude suit un plan classique, s'articulant autour de trois chapitres :

Le premier résume la position phylogénique, la systématique ; la distribution biogéographique ainsi que les données eco-biologiques des espèces d'*Epinephelus* existantes dans les côtes algériennes à partir d'une synthèse bibliographique des travaux déjà réalisés ;

Le deuxième chapitre est consacré aux matériels et méthode ; l'étude de l'âge des deux espèces le mérrou brun (*Epinephelus marginatus*) et la badèche (*Epinephelus costae*) a été réalisée par deux méthodes ; méthode directe (scalimétrie) et indirecte (structure de taille), la croissance et quelques paramètres d'exploitation. Le choix de ces deux espèces est justifié par leur fréquence et leur abondance dans les captures réalisées sur les côtes Algériennes. Pour la détermination des causes de mortalité affectant les mérrous et les badèches, des individus ont été collectés le long de la côte algérienne ont été analysés par des méthodes virologiques ; un diagnostic nécrosique. Des analyses histologiques et immuno-histo-chimiques (IHC) sur des coupes des cerveaux et des yeux des individus étudiées ; caractérisations des virus par immunofluorescence. La transcription inverse de l'ARN1 et de l'ARN2 suivie d'une amplification et d'un séquençage de l'ADNc a été utilisée pour la classification virale.

Le troisième chapitre est consacré à une synthèse des résultats, accompagnée d'un ensemble de discussions, des recommandations et des perspectives. Cette synthèse est présentée en vue d'une meilleure gestion du stock.

Enfin, les annexes comportent l'essentiel sous forme de tableaux ou de figures ainsi que des résultats publiés (Boukedjouta *et al.*, 2016 ; Boukedjouta *et al.*, 2020) ou communiqués dans des congrès nationaux.

L'objectif de ce travail consiste à fournir des données sur des aspects complémentaires de la biologie des populations du mérrou brun (*E. marginatus*) et de la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes ainsi que l'état de la santé de ces derniers. Ces données sont considérées fondamentales et d'un grand intérêt aussi bien pour la communauté scientifique que pour les gestionnaires de la ressource halieutique (MPPH) dans une perspective d'établissement d'un plan de gestion en vue de la préservation des stocks en danger.

ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. La mer méditerranée

La présente étude intéresse à la Méditerranée, plus particulièrement le bassin algérien. Afin de bien situer notre zone d'étude, il serait très intéressant de présenter les caractéristiques générales du bassin méditerranéen. La mer Méditerranée se présente comme une mer marginale (entourée de terre) qui s'étend d'Ouest en Est sur environ 4000 km entre 5.5°W et 36°E en longitude et entre 30°N et 46°N en latitude. Elle est reliée à l'Océan Atlantique par le détroit de Gibraltar, et à la mer Noire par le détroit des Dardanelles (Figure.1). Au sud-est la seule liaison avec la mer Rouge est le canal artificiel de Suez. Ce caractère de bassin semi fermé a favorisé l'existence d'espèces endémiques à l'intérieur de ce bassin. Elle est constituée de 2 principaux bassins, les bassins Est et Ouest séparés par le canal de Sicile. Ces bassins sont eux même divisés en de nombreux sous-bassins, marqués par la présence de nombreux détroits (Millot et Taupier-Letage, 2005) : sous-bassin Alboran, Algérien, Liguro-Provençal et Tyrrhénien pour le bassin Ouest, et les sous-bassins Adriatique, Égée, Levantin, et Ionien pour le bassin Est.

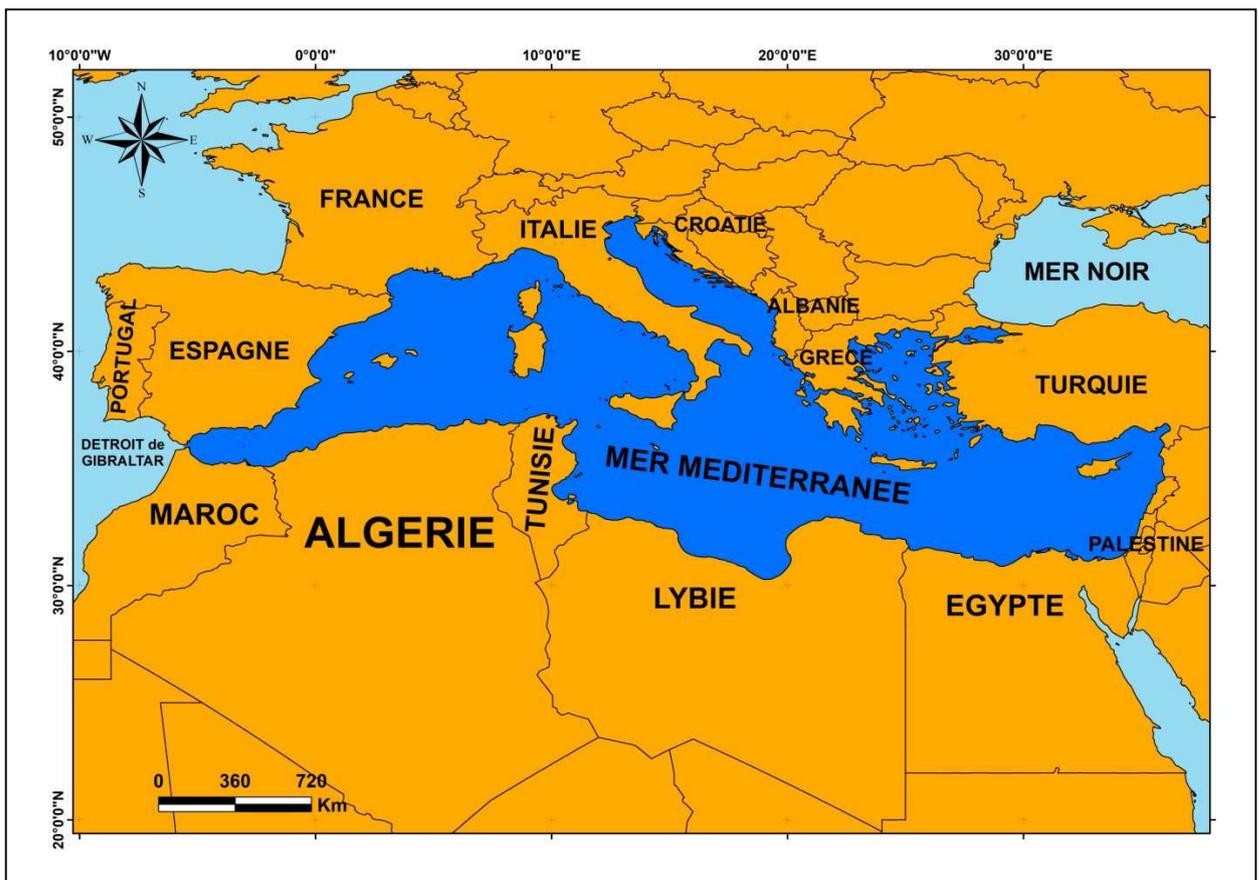


Figure 1. Carte de la mer Méditerranée. Sur la carte sont nommés les différents pays de la méditerranée, les principaux passages et détroits de la Méditerranée.

I.1. Le bassin algérien

L'Algérie présente une façade maritime longue d'environ 1622 km s'étendant d'Ouest en Est de Marsat Ben-Mhidi ou Ghazaouet (frontière marocaine) au cap Roux ou El-Kala (frontière tunisienne). La côte présente un certain nombre de grandes échancrures plus ou moins ouvertes vers le nord formant des baies où sont implantés des ports. Cette côte peut être divisée en trois grands secteurs : l'Est regroupe Béjaïa, Jijel, Skikda et Annaba ; le Centre, à partir de la baie Zemmouri, Alger, Bouharoun, Cherchell jusqu'à Ténès. Le reste est considéré comme secteur Ouest ; Mostaganem, Arzew, Oran, Beni-saf et Ghazaouet.

I.1.1. Conditions hydrologiques du bassin algérien

Rosfeldder (1955), montre l'existence, le long des côtes algériennes, d'un courant d'origine océanique qui se caractérise par des eaux de plus faible salinité allant de 35 à 37 psu. Millot (1989), montre que ce courant, qui interagit localement avec l'eau méditerranéenne plus dense et plus pauvre en nutriments, influe plus ou moins fortement sur la distribution des facteurs physico-chimiques, nutritifs et biologiques. Millot *et al.* (1997) distinguent quatre variétés d'eau dans le bassin algérien, à savoir :

I.1.1.1. L'eau atlantique modifiée (Modified Atlantic Water; MAW)

Il s'agit d'une eau d'origine océanique à faible salinité. Elle est modifiée par interaction avec les eaux méditerranéennes et avec l'atmosphère. La MAW constitue une couche superficielle de 150 m d'épaisseur environ. Sa température de surface et sa salinité varient respectivement de 15 à 23 °C et de 36.5 à 38 psu ;

I.1.1.2. L'eau hivernale intermédiaires (Winter Intermediate Water; WIW)

C'est la conséquence des convections hivernales dans le bassin nord occidental (mer Catalane, golfe du Lion). La WIW est comprise entre 150 et 250 m avec un minimum relatif de température allant de 12.65 à 13.20 °C et une salinité de 38.3 psu en moyenne ;

I.1.1.3. L'eau intermédiaire Levantine (Levantine Intermediate Water ; LIW)

Elle se forme en Méditerranée entre 250 et 600 m, juste au-dessous de l'eau hivernale intermédiaire. Cette eau se caractérise par des maxima de température et de salinité allant respectivement de 13.2 à 14 °C entre 300 et 400 m et de 38.5 à 38.7 psu entre 400 et 500 m ;

I.1.1.4. L'eau méditerranéenne profonde (Winter Mediterranean Deep Water ; WMDW)

Elle se constitue au cours d'hivers rigoureux, et ce, suite au mélange de la LIW et la MAW. Il est très difficile de la distinguer de la LIW du fait de leurs densités très voisines. Néanmoins, elle peut être identifiée vers 600 à 700 m par sa faible température qui oscille entre 12.75 et 12.9 °C et sa salinité spécifique comprise entre 38.42 et 38.47 psu. Millot *et al.* (1997) signalent que la MAW et la LIW sont les masses d'eau les plus importantes du circuit dynamique du bassin occidental, formant ainsi un véritable système de tapis roulant méditerranéen (mediterranean conveyor belt). Millot (1999), indique que le courant atlantique est à l'origine de la formation d'une zone frontale riche dans sa partie nord en contact avec les eaux méditerranéennes du large et au niveau de son interface avec les masses d'eaux sous-jacentes.

I.1.2. Circulation des eaux dans le bassin algérien**I.1.2.1. Circulation des eaux modifiées d'origine atlantique**

Selon Raimbault *et al.* (1993), le courant algérien, représenté essentiellement par les eaux modifiées d'origine atlantique, correspond à une veine de 30 à 40 km de largeur et de 150 à 200 m d'épaisseur. Il se forme en mer d'Alboran tout en se dirigeant vers le front Alméria Oran. D'après Benzohra et Millot (1995), le courant algérien circule d'Ouest en Est le long du talus continental algérien dès 1° W à une vitesse maximale de 80 à 100 cm/s. Il est accompagné d'une langue d'eau chaude en surface se déplaçant à une vitesse qui est de l'ordre de 50 cm/s. Ce courant devient généralement turbulent et instable vers 1 à 2° E, formant ainsi des méandres puis des tourbillons cycloniques et anticycloniques, qui à leur tour génèrent des upwellings côtiers (Millot, 1989).

I.1.2.2. Circulation de l'eau Levantine intermédiaire

L'eau Levantine intermédiaire provient du bassin oriental où elle prend naissance. Ses maxima de température et de salinité sont progressivement atténués tout en se dirigeant vers l'Ouest par mélange avec l'eau méditerranéenne profonde et l'eau atlantique modifiée (Millot, 1999). Perkins et Pistek (1990) précisent que l'eau Levantine intermédiaire pénètre le bassin occidental par le détroit de Sicile pour se diriger vers la mer Tyrrhénienne jusqu'au canal sardo-tunisien, où elle se reconnaît par sa salinité supérieure à 38.64 psu entre 250 et 650 m. Ensuite, elle se divise en deux branches dont la principale suit un écoulement par gravimétrie

décrivant un circuit cyclonique continu qui longe les côtes françaises puis espagnoles pour enfin s'écouler dans l'océan Atlantique, avec une température et une salinité respectives de 13 °C et 38 psu, par le détroit de Gibraltar sous le flux d'eau atlantique superficielle.

II.1. Pêche en Algérie

La pêche maritime en Algérie est répartie en quatre types de métiers à savoir, les chalutiers, les sardiniers, les petits métiers et la pêche récréatives (pêche à pied, pêche à la ligne, pêche en plongée sous-marine...). Les chalutiers utilisent les engins traînants tels que les chaluts (chalut de fond, chalut pélagique, ...) sous leurs différentes formes et pêchent pratiquement toutes les espèces. Les sardiniers de leur côté utilisent la senne et capturent généralement le poisson bleu notamment les petits pélagiques, quant aux petits métiers ils utilisent différents engins entre autres les filets maillants, les filets trémail, les lignes et les filets maillants dérivants avec une longueur qui ne dépasse pas 2500 m selon la réglementation en vigueur ; les petits métiers capturent généralement les espèces vivantes dans des zones accidentées.

Les espèces capturées par l'ensemble des métiers sont regroupé comme suit : Poissons démersaux, petits pélagiques, grands pélagiques, requins et squales, crustacés et mollusques. La pêche des Serranidés en Algérie est ciblée par les petits métiers et la pêche récréative par des chasseurs en apnée (plongée sous-marine sans instrument d'aide à la respiration).

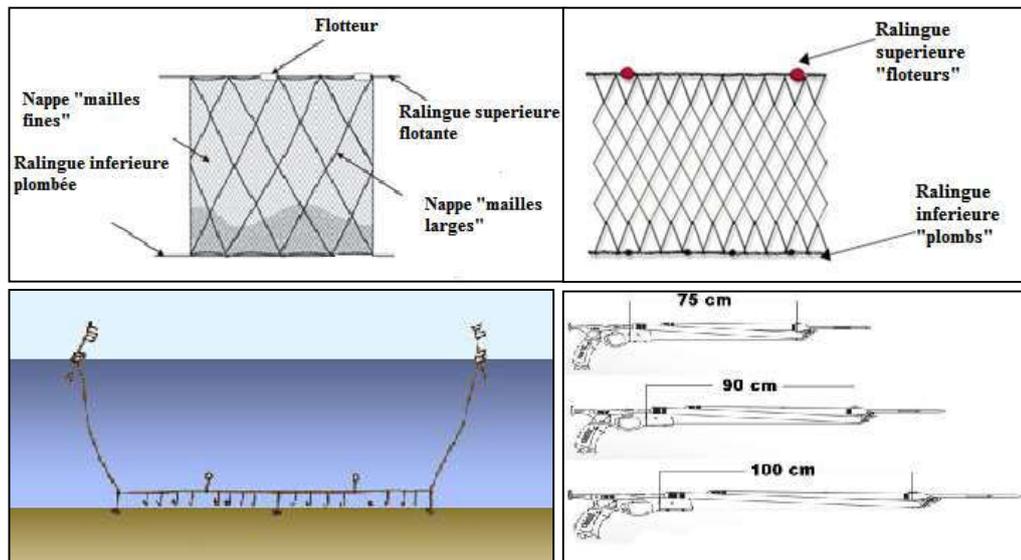


Figure 2. Les différents engins de pêche utilisée dans la pêche des mérus en Algérie.

A : filet trémail, (B) : filet maillant ; (C) : palangre de fonds ;(D) : arbalète.

II.2. Les Serranidés

Les Serranidés Epinephelinae regroupent l'ensemble des mérours et des badèches, soit 15 genres et 159 espèces principalement réparties dans la région Indo-Pacifique (110 espèces), en Atlantique Est et en Méditerranée (14 espèces) et dans la zone Amérique intertropicale (35 espèces). Globalement, les espèces communes et les plus ciblées appartiennent aux genres *Epinephelus* et *Mycteroperca* (Pierre *et al.*, 2007). Le genre *Epinephelus* comprend 98 espèces, dont 70 proviennent de la zone Indo- Pacifique, 8 de la région de l'Est du Pacifique, 11 de la région de l'Atlantique Ouest et 9 de la zone de l'Atlantique Est et méditerranéenne. Dans la région méditerranéenne, ce genre est représenté par six (06) espèces *E. aeneus*, *E. caninus*, *E. costae*, *E. haifensis* (confusion avec *E. marginatus*), *E. marginatus*, et *E. coioides* récemment introduit par le canal de Suez (Parenti et Bressi, 2001). Sur les côtes algériennes, la sous-famille Epinephelinae est représentée aussi par le genre *Epinephelus* avec 4 espèces (*E. marginatus*, *E. aeneus*, *E. caninus*, *E. costae*) (Djabali *et al.*, 1993 ; Derbal et Kara, 2001 ; Refes *et al.*, 2010 ; Zaidi, 2016). Si la liste des représentants de cette sous-famille est disponible, aucune donnée ne précise par contre la proportion des mérours ou des badèches dans les captures. Cette partie a pour objectif de synthétiser les données éco biologiques des espèces de la sous famille d'Epinephelinae existant dans les côtes algériennes.

II.2.1. Systématique des espèces étudiées

Depuis le statut taxonomique original du mérour *Epinephelus brachysoma* donné par Linnaeus en 1758 et celle de la badèche *Serranus alexandrinus* donné par Valenciennes en 1828, la description nominale de ces deux espèces n'a pas cessé d'être actualisée par des synonymes valides selon des critères morphologiques précis. Le tableau 1 résume les différentes modifications apportées au statut taxonomique du mérour brun (*E. marginatus*) et de la badèche (*E. costae*) jusqu'au l'heure actuelle.

Tableau 1. Résumé des différents synonymes taxonomique d'*Epinephelus marginatus* et d'*Epinephelus costae* (Heemstra et Randall, 1993).

| <i>E. marginatus</i> | Auteurs | <i>E. costae</i> | Auteurs |
|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------|
| <i>Epinephelus brachysoma</i> | Cope, 1871 | <i>Serranus alexandrinus</i> | Valenciennes, 1828. |
| <i>Epinephelus guaza</i> | Linnaeus, 1758 | <i>Plectopoma fasciatus</i> | Costa, 1836. |
| <i>Serranus gigas</i> | Brünnich, 1768 | <i>Serranus costae</i> | Steindachner, 1878. |
| <i>Epinephelus gigas</i> | Brünnich, 1768 | <i>Serranus chrysotaenia</i> | Doderlein, 1882. |
| <i>Serranus marginatus</i> | Lowe, 1834 | <i>Cerna catalonica</i> | Gibert, 1913. |
| <i>Serranus fimbriatus</i> | Lowe, 1838 | <i>Epinephelus zaslavskii</i> | Poll, 1949. |
| <i>Serranus aspersus</i> | Jenyns, 1840 | <i>E. alexandrines</i> | Non Valenciennes |
| <i>E. marginatus</i> | Heemstra, 1991 | <i>E. costae</i> | Heemstra, 1991. |

Epinephelus marginatus est l'une des 170 espèces de mérous inventoriées dans le monde. Cette espèce existe dans les eaux méditerranéennes est confondue avec *Epinephelus haifensis*, sous l'appellation *E. guaza* ou *gigas* (Heemstra, 1991). Depuis 1985 jusqu'à la fin des années 1990, la littérature a utilisé la taxonomie *E. alexandrinus* pour la badèche *E. costae* (Cadenat, 1939 ; 1951 ; Torchio, 1963 ; Bini, 1968 ; Tortonese, 1973, 1975 et 1986 ; Bianchi, 1986 ; Bauchot, 1987 ; Manzoni, 1987 ; Bellemans *et al.*, 1988). Dans la présente étude, nous adopterons pour les deux espèces d'Epinephelinae la taxonomie phylogénétique la plus récente proposée par Lecointre et Le Guyader (2007).

II.2.2. Phylogénie des mérous et des badèches

Dernièrement, le nom *Mycteroperca marginatus* a été proposé et cela suite à des études de biologie moléculaire (Craig et Hasting, 2007) qui indiquent que le genre *Epinephelus* doit être complètement reconsidéré avec *E. marginatus* proche du genre *Mycteroperca*. Ces auteurs recommandent donc qu'*Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) devienne *Mycteroperca marginatus* (Lowe, 1834). Ce changement est pour le moment critiqué et des travaux complémentaires sur le sujet restent nécessaires pour le valider (Cabaret *et al.*, 2008). Dans une revue sur la phylogénie des mérous (Ma *et al.*, 2016), le mérou brun (*E. marginatus*) se

rapproche beaucoup plus avec le genre *Mycteroperca*. Lors de cette étude les auteurs ne préconisent aucun changement du nom du mérrou. Le groupe d'étude du mérrou (GEM) en se basant sur l'étude de Ma *et al.* (2016) recommandent un changement du genre du mérrou brun (*marginatus*) d'*Epinephelus* vers *Mycteroperca*. Le mérrou brun n'est pas le seul à passer dans le genre *Mycteroperca* : le mérrou dent de chien (*M. caninus*) et la badèche (*M. costae*) ont subi également un changement du genre. Par contre, le mérrou blanc (*E. aeneus*) reste dans le genre *Epinephelus*.

II.2.3. Synonymes et appellations vernaculaires

Selon Fischer *et al.* (1987), Heemstra (1991), Heemstra et Randall (1993), Louisy *et al.* (1997) et Weinberg (2013), le mérrou brun *E. marginatus* et la badèche *E. costae* sont connues dans de nombreux pays sous des différents noms. Ces dernières varient d'un continent à un autre, d'une région à une autre et d'un pays à un autre (Tab.2) : Actuellement le mérrou brun et la badèche portent plusieurs noms :

Tableau 2. Noms vernaculaires du mérrou brun (*E. marginatus*) et de la badèche (*E. costae*) dans différents pays.

| Pays | <i>E. marginatus</i> | <i>E. costae</i> |
|-------------|----------------------------|------------------------------------------------------|
| Albanie | Kern | - |
| Algérie | Mérot, mero nuar | Khoubaboun moukhattat ou Khoubaboun dahabi |
| Allemagne | Grosser Sägebarsch | Spitzkopf-Zackenbarsch, Geistreifter-Zackenbarsch |
| Angleterre | Dusky grouper | Gold blotch grouper, golden grouper, striped grouper |
| Angola | Mero | - |
| Egypte | Wakar | Wakar |
| Espagne | Mero nebuloso, mero, xerna | Falso abadejo ou Falso abade |
| France | Mérou brun, mérrou sombre | Badèche franche, badèche dorée |
| Grèce | Rophos, stira | |
| Italie | Cernia, cernia gigante | Cernia dorota ou Epinefelo |
| Liban | Ahfesh | - |
| Libye | Farrug | - |
| Malte | Cerna, menene | - |
| Portugal | Mero, garoupa preta | Garoupa amarela ou Garoupa badejo |
| Tunisie | Mennani ahmar | Menani |
| Turquie | Orfoz | - |
| Yougoslavie | Kirnja, kirnia | - |

Dans le même pays, les appellations vernaculaires sont différentes d'une région à une autre. D'après Djabali *et al.* (1993) en Algérie, par exemple, la badèche *E. costae* est communément appelée :

- Alger: Abadèche ou Badècha ;
- Beni-Saf: Bayajo ;
- Ghazaouet et El Kala: Abadèche ;
- Bejaia, Bouharoun ;
- Annaba: Badèche.

III. Données ecobiologiques des quatre espèces du mérrou existant en Algérie

III.1. *Epinephelus marginatus* (mérrou brun, Dusky grouper)

III.1.1. Critères morphologique et diagnose

Le mérrou brun *Epinephelus marginatus* est un poisson osseux de grande taille qui peut atteindre jusqu'à 140 cm pour un poids total de 65 kg (Cabane, 2008). Sa longueur fait moins de 4 fois sa hauteur (Louisy, 2002). Il a un corps ovale, massif et robuste (Fig. 3). Sur les eaux littorales méditerranéennes, sa taille commune est de 40 à 80 cm, on peut avoir des grandes tailles plus de 100 cm dans les aires marines protégées (Louisy, 2002). Il possède une tête massive aux yeux proéminents et, comme d'autres mérrous proches, 3 épines operculaires bien marquées. Sa bouche est très large avec une mâchoire inférieure proéminente (Fig. 3) et des taches claires rayonnant autour de l'œil (Louisy, 2002). La nageoire dorsale est unique à 11 épines et 14 e 16 rayons mous (Fig. 3). Les nageoires pectorales sont relativement plus courtes avec 17 à 19 rayons mous (Fig. 3) tandis que l'anale porte 3 épines et 8 rayons mous (Fig. 3) (Heemstra, 1991).

La coloration est brunâtre parfois gris foncé à gris clair, voir rougeâtre avec des taches claires irrégulières tels des nuages et formant parfois des bandes claires verticales et diffuses. Les grands individus (vieux mâles) sont brun uniforme (Louisy, 2002 ; Cabane, 2008). Le dos est marron, parfois gris foncé à rougeâtre, possède un ventre jaunâtre ; corps et tête avec un motif irrégulier de taches blanches formant parfois des barres verticales diffuses ; nageoires foncées ; les nageoires caudale et anale et parfois pectorale sont munie d'un petit bord blanc ; dorsale avec un bord jaune-doré ; base des paires de nageoires souvent jaune or. La nageoire caudale qui est large et arrondie se termine par une bordure blanche distincte qui présente également sur les autres nageoires. Et comme toutes les autres nageoires, elle est plus foncée que le corps (Fig. 3). Ce dernier possède de petites écailles qui

le recouvrent largement et qui sont incluses dans une peau épaisse. Les nageoires pectorales arrondies et de belle taille sont surmontées d'un repli cutané écailleux (Louisy, 2002).



Figure 3. Morphologie externe du mérou brun (*Epinephelus marginatus*) (Doğdu et Turan, 2016).

III.1.2. Distribution géographique

Le mérou brun *E. marginatus* (Lowe, 1834) a une distribution discontinue se répartie au moins en trois groupes principaux dont : le premier nord-est de l'océan Atlantique et la mer Méditerranée, et le nord et le nord-ouest de l'Afrique ; le deuxième sud-est de l'océan Atlantique et sud-ouest de l'océan Indien; et le troisième sud-ouest de l'océan Atlantique (Fig. 4). Selon Schunter *et al.* (2011), les premiers et les deuxièmes groupes représentent des populations distinctes avec un flux génétique minimal entre eux. Il n'y a pas de études actuelles comparant ces deux groupes à celui que l'on trouve dans le sud-ouest de l'océan Atlantique. En Europe, le mérou brun a été observé dans toute la Mer Méditerranée (Oliver 1986 ; Heemstra et Randall 1993 ; Kara et Derbal 1995a, 1995b ; Zabala *et al.*, 1997a, b ; Bouchereau *et al.*, 1999 ; Bilecenoglu *et al.*, 2002 ; La Mesa *et al.*, 2002 ; Lembo *et al.*, 2002 ; Renones *et al.*, 2002, 2007, 2010 ; Bertucci *et al.*, 2015), y compris la mer Egée (Bilecenoglu *et al.*, 2002). Un seul individu a été enregistré au début du XXe siècle dans la mer de Marmara (Devedjian, 1915, Bilecenoglu *et al.*, 2002), mais jamais dans la mer Noire adjacente (Keskin, 2010). Il a également été enregistré dans le nord-est de l'Atlantique, dans la Manche (territoire Français) et dans les îles Macaronésiennes au large des côtes du sud de l'Europe et du nord-ouest de l'Afrique (Azevedo *et al.*, 1995 ; Barreiros et Santos, 1998 ; Cunha *et al.*, 2009 ; Mahe *et al.*, 2012). Sur le continent africain, des mérours sombres ont été observés le long de toute la côte atlantique, et autour la pointe sud de l'Afrique vers le sud du

Mozambique (Smale, 1986 ; Fennessy, 2006 ; Kouassi *et al.*, 2010 ; Maggs *et al.*, 2013a, b). En 2012, le mérrou brun a été enregistré pour la première fois dans l'île de la Réunion dans l'océan Indien (Reid *et al.*, 2016). Selon ces auteurs, la dispersion de l'espèce pourrait avoir eu lieu en Afrique du Sud, Madagascar étant probablement un domaine important facilitant la connexion entre la côte sud-africaine et l'île de la Réunion. Le mérrou brun a déjà été signalé dans un marché local des poissons à Fort Dauphin, Madagascar (Pollard *et al.* données non publiées). Le mérrou brun a également été signalé sur la côte sud-est de la péninsule arabique, dans le sud d'Oman (Randall, 1995). Enfin, sur la côte sud de l'Atlantique, le mérrou brun a été récemment enregistré (2017) au sud de Bahia dans le nord-est du Brésil, qui représente l'enregistrement le plus au nord de cette espèce sur la côte atlantique. Vers sa limite de répartition la plus méridionale, l'espèce a été enregistrée dans le sud-est et le sud du Brésil (Figueiredo et Menezes, 1980 ; Bertoncini *et al.*, 2003 ; Machado *et al.*, 2003 ; Gibran, 2007 ; Seyboth *et al.*, 2011 ; Conдини *et al.*, 2011, 2013, 2014a, b, 2015 ; Anderson *et al.*, 2014), en Uruguay (Conдини *et al.*, 2016a) et en Argentine de la rivière de Plata jusqu'au golfe de Nuevo (Rico et Acha, 2003 ; Irigoyen *et al.*, 2005). Malgré plusieurs études susmentionnées ayant fourni une vue détaillée de la répartition du mérrou brun à travers le monde et quelques tentatives d'expliquer les modèles de distribution régionaux (Schunter *et al.*, 2011), les raisons de sa distribution discontinue ont été intrigantes pour de nombreuses décennies. Récemment, Ma *et al.* (2016) ont proposé des hypothèses biogéographiques pour expliquer l'histoire évolutive des Epinephelinae. Sur la base d'une phylogénie moléculaire à temps étendu, ils ont proposé que le clade, dont *E. marginatus* a évolué, a émergé environ au milieu du Miocène (il y a 16 millions d'années). Ce clade est apparu d'abord dans l'ouest de l'Indo-Pacifique, puis s'est déplacé vers l'ouest au milieu du Miocène et s'est produit dans le Pacifique oriental plus tard pendant le Pliocène (5-2 mya). En particulier, l'ancêtre le plus récent du mérrou brun se serait produit dans l'Atlantique Est à la fin du Miocène (Ma *et al.*, 2016).

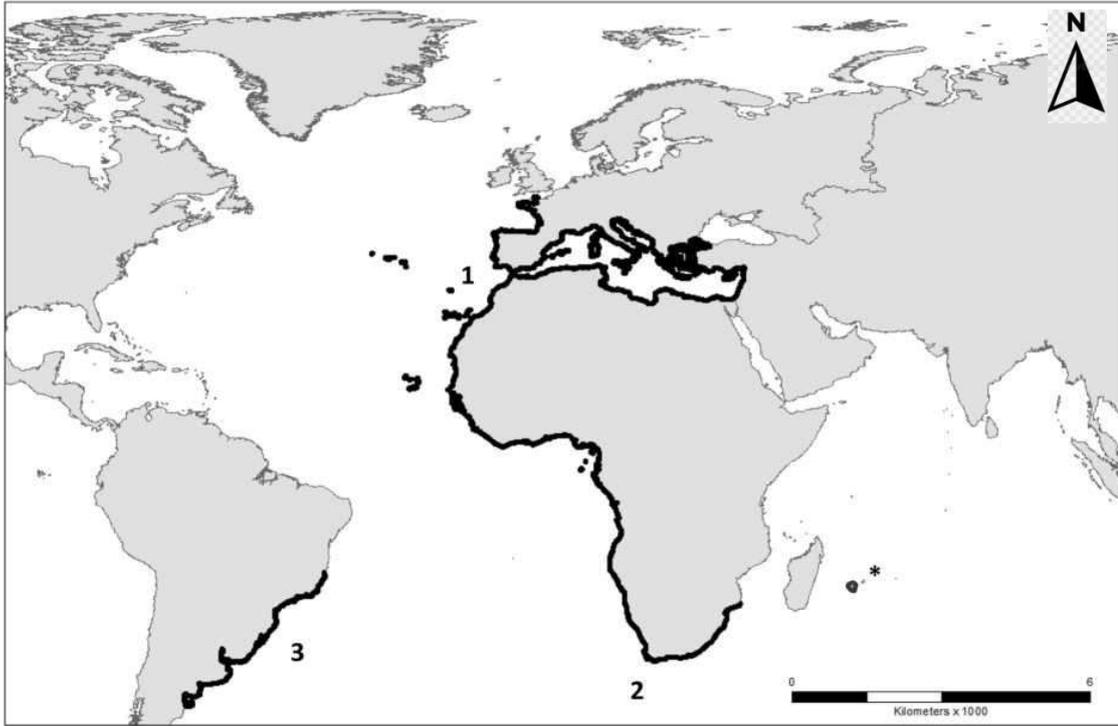


Figure 4. La répartition géographique du mérrou brun *E. marginatus* qui comprend trois zones principales : (1) nord-est de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée, et nord et nord-ouest de l'Afrique, (2) sud-est de l'océan Atlantique et sud-ouest de l'océan Indien et (3) le sud-ouest de l'océan Atlantique (Condini *et al.*, 2018).

III.1.3. Alimentation

Le mérrou brun (*Epinephelus marginatus*) est une espèce nécto-benthique, son régime alimentaire est composé de plusieurs espèces de décapodes et de poissons fréquentant les fonds rocheux, ainsi que sur les céphalopodes. La matière végétale a été également trouvée dans leur estomac, mais il est possible que les mérrouais ingèrent cela avec leurs proies, en particulier avec les brachyurans parce que les algues ont souvent été trouvées empêtrées entre leurs jambes. Nos constatations concernant l'importance principale des décapodes, des poissons et des céphalopodes (Derbal et Kara, 1996 ; Reñones *et al.*, 2002 ; Linde *et al.*, 2004). Un effet de la taille des prédateurs sur le pourcentage de masse des trois principales proies du régime alimentaire a été détecté. Chez les grandes spécimens les céphalopodes sont les proies préférées, les crustacés et les mollusques sont les proies préférées des poissons de moyenne tailles, tandis que chez les spécimens de petites tailles les décapodes dominent (Smale, 1986 ; Derbal et Kara, 1996 ; Linde *et al.*, 2004).

III.1.4. Croissance

Les études sur la croissance (la taille, l'âge, les relations de poids-longueur) d'*E. marginatus* se sont appuyées à la fois sur le comptage des annuli sur des écailles recueillies sous les nageoires pectorales (Rafail *et al.*, 1969; Bouain, 1986; Chauvet, 1988; Azevedo *et al.*, 1995; Kara et Derbal, 1995b; Bouchereau *et al.*, 1999; Ximenes- Carvalho *et al.*, 2012) et les lectures des anneaux de croissance dans les otolithes sagittae sectionnés (Fennessy, 2006; Renones *et al.*, 2007; Seyboth *et al.*, 2011; Conдини *et al.*, 2014a). Dans quelques cas, les estimations d'âge étaient également basées sur l'analyse des otolithes entiers de sagittae (Chauvet, 1988). Les paramètres de l'équation de croissance de Von Bertalanffy (L_{∞} , K et t_0) ont été largement utilisés pour décrire les taux de croissance chez de nombreuses espèces, y compris *E. marginatus*. Selon les études réalisées dans différentes régions, la longueur asymptotique L_{∞} varie entre 900 et 1249 mm et le coefficient de croissance annuel K varie de 0,069 à 0,129, respectivement), comparativement aux lectures d'âge obtenues à partir des écailles (785-1850 mm et 0,028-0,160, respectivement). Le taux de croissance d'*E. marginatus* augmente rapidement au cours des cinq premières années de vie, quand il atteint une moyenne d'environ 45% de la longueur maximale théorique. Après cet âge, le taux de croissance tend à diminuer rapidement et, après avoir atteint * 30 ans, la croissance est plus lente (Chauvet, 1988 ; Kara et Derbal, 1995b ; Bouchereau *et al.*, 1999 ; Fennessy, 2006 ; Renones *et al.*, 2007 ; Conдини *et al.*, 2014a).

III.1.5. Reproduction

Le mérrou brun *E. marginatus* est une espèce hermaphrodite protogynique change de sexe au cours de sa vie (Brusle et Brusle, 1975; Bouain et Siau, 1983; Marino *et al.*, 2001), on s'attend à ce qu'une proportion plus élevée de femelles par rapport au nombre de mâles soit trouvée dans la population (Brusle et Brusle, 1975; Zabala *et al.*, 1997a; Marino *et al.*, 2001; Fennessy 2006; Gerhardinger *et al.*, 2006; Refiones *et al.*, 2010; Ozen et Balci, 2011; Conдини *et al.*, 2014b; Tsikliras et Stergiou, 2014). Le mérrou brun a une stratégie complexe d'histoire de la vie caractérisée par un mode hermaphrodite protogynique, où tous les individus mûrissent d'abord en tant que femelles, avec le potentiel de changer leur sexe aux mâles parfois au cours de leur durée de vie (Brusle et Brusle, 1975 ; Heemstra et Randall, 1993 ; Marino *et al.*, 2001 ; Renones *et al.*, 2010). Des études antérieures ont montré que la transition sexuelle s'est produite chez des individus ayant des longueurs L_t 68,0 cm en Tunisie (Chauvet, 1988), à partir de 68,5 cm en Italie (Marino *et al.*, 2001) et 67,0 cm en

Afrique du Sud (Fennessy, 2006). En revanche, des études récentes suggèrent que la transition sexuelle se produit chez des individus plus petits, comme de Lt 52,1 cm en Espagne (Renones *et al.*, 2010) et de Lt 51,5 cm au Brésil (Condini *et al.*, 2014a). L'un des aspects les plus pertinents, de cycle de vie complexe du mérrou brun est son comportement d'agrégation pendant le frai (Zabala *et al.*, 1997a, b). Les agrégations de frai de mérrou brun ont été rarement observées et les connaissances actuelles sur ce comportement chez cette espèce, elles se limitent aux observations dans les aires marines protégées (AMP) situées en mer Méditerranée, comme la réserve marine des îles Medes (Zabala *et al.*, 1997a, b; Hereu *et al.*, 2006) et la réserve marine de Cerbère-Banyuls (Mathieu-Tissot, 1999) en Méditerranée occidentale. D'autres auteurs n'ont rapporté que des preuves indirectes (une augmentation de l'abondance de mérrou sombres pris dans un seul endroit limité en l'espace de quelques jours) (Marino *et al.*, 2001 ; Fennessy, 2006 ; Bertoncini *et al.*, 2003, 2012 ; Gerhardinger *et al.*, 2006 ; Condini *et al.*, 2014b).

III.1.6. Protection et réglementation

Un registre international est tenu à jour et considéré comme la base de données officielle des espèces menacées ; il s'agit de la liste rouge des espèces menacées initiée et gérée par l'Union Mondiale pour la Nature. Cette liste ne compte pas moins de 2500 espèces. Dans le Bassin algérien, et plus précisément en Algérie, plus d'une centaine d'espèces sont menacées d'extinction. En Méditerranée, quelques-unes ont dû faire l'objet d'arrêtés préfectoraux pour réglementer ou interdire leur pêche. Donc à la suite d'un colloque international réunissant plusieurs scientifiques qui a eu lieu les 18-19 novembre 1989 à Carry-le-Rouet (France), une liste d'espèces marines à protéger de toute urgence en Méditerranée a été élaborée. Le mérrou en faisait partie. Trois ans après, le Ministère a tranché : 6 espèces sont désormais protégées par la loi française (arrêté de novembre 1992). Malgré les cris d'alarme lancés en 1989 par ces scientifiques, le mérrou, pourtant déjà protégé en Corse depuis 1980, n'a pas été retenu. Et depuis, sous la pression du GEM qui a été fondé en 1986, un premier moratoire de 5 ans, a été pris en 1993, interdisant uniquement la chasse sous-marine jusqu'au 31 décembre 1997. Pendant toute l'année 1997, les membres du GEM, des responsables de collectivités ou d'espaces protégés, des plongeurs anonymes se sont mobilisés pour que ce moratoire soit reconduit et étendu sur toutes les formes de prélèvement. La victoire n'a été que partielle : le moratoire a été reconduit pour 5 nouvelles années (jusqu'au 31 décembre 2002), mais seule la chasse sous-marine est encore visée. Ces deux moratoires auront donc donné au mérrou 10

années de protection, puis à nouveau reconduit le 17 décembre 2007 jusqu'au 31 décembre 2013. Et depuis 2003, il a été étendu à toutes les formes de pêche à l'hameçon. Grâce à ces mesures de protection partielle et à l'amélioration de la qualité des eaux, dans les aires marines protégées d'abord (Port Cros, Banyuls sur mer, Scandola, Bouches de Bonifacio), puis en dehors de ces espaces, les populations de mérours s'accroissent et se rajeunissent (arrivée de jeunes femelles et apparition de juvéniles nés sur les côtes de Provence). Mais la disponibilité de nourriture et/ou d'habitats dans un espace donné sont des facteurs limitant du nombre d'individus dans la population qui le fréquente ; aussi l'argument des opposants à l'interdiction de la pêche au mérour, et vu que les crustacés sont les proies préférées par les mérours, avançant que l'augmentation des populations de ce dernier allait entraîner la disparition des Crustacés est caduque. Le GEM œuvre depuis plus de 20 ans pour la connaissance et la protection des mérours de la Méditerranée et de leurs habitats. Il est soutenu par de nombreux partenaires sensibilisés à cette démarche de protection et de gestion du patrimoine marin, pour cela, un 1er colloque organisé s'est déroulé sur l'île des Embiez (France) en novembre 1998. Il avait permis de synthétiser les connaissances scientifiques sur la biologie et l'écologie du mérour brun. Un autre colloque qui a été programmé le 10 - 13 mai 2007 à Nice (France), où les spécialistes des mérours de Méditerranée se sont rassemblés, quel que soit leur discipline, pour faire le point de l'état des populations en Méditerranée, 14 ans après le premier moratoire. Lors de ce symposium international sur les mérours (Nice, mai 2007), les représentants des pays riverains (Espagne et Italie en particulier), ont insisté sur l'urgence d'une protection similaire du mérour dans leur pays, après la mission baptisée "Campagne Telliez" menée par le GEM et le Parc National de Port Cros qui a dénombré 410 individus pour l'année 2002 contre 299 en 1999 et 165 en 1996 (GEM, 2007).

III.2. *Epinephelus costae* (la badèche, Golden grouper)

III.2.1. Critères morphologique et diagnose

Epinephelus costae peut atteindre 1 m de longueur totale (Dieuzeide *et al.*, 1954; Tortonese, 1975), mais une taille exceptionnelle de 1,4 m est rapportée par Tortonese (1986). En Méditerranée, sa taille commune est comprise entre 30 et 70 cm (Bauchot, 1987). Sur les côtes tunisiennes, *E. costae* pèse jusqu'à 9 kg (Bouain, 1980). Cette espèce a un corps assez allongé, modérément trapu. La bouche est légèrement protractile, grande, légèrement oblique. Les dents sont disposées en bandes villiformes sur les deux maxillaires. La nageoire dorsale est unique à 11 épines et 15 e 17 rayons mous. Les pectorales sont relativement plus courtes

avec 18 à 19 rayons mous tandis que l'anale porte 3 épines et 8 rayons mous (Heemstra, 1991). La nageoire caudale est légèrement échancrée chez les adultes ($L_s > 40$ cm) et tronquée à droite chez les juvéniles (Heemstra et Randall, 1993). Environ 70 à 73 écailles recouvrent la ligne latérale d'une coloration brun-jaunâtre à brun sépia, avec une série de lignes longitudinales plus foncées sur le corps et 2 lignes sombres, obliques sur l'opercule, très nette chez les juvéniles, mais disparaissant chez les adultes (Tortonese, 1975). Les grands spécimens sont plutôt gris-brun et peuvent présenter sur les flancs une plage dorée diffuse qui disparaît en période post-mortem (Fig. 5).

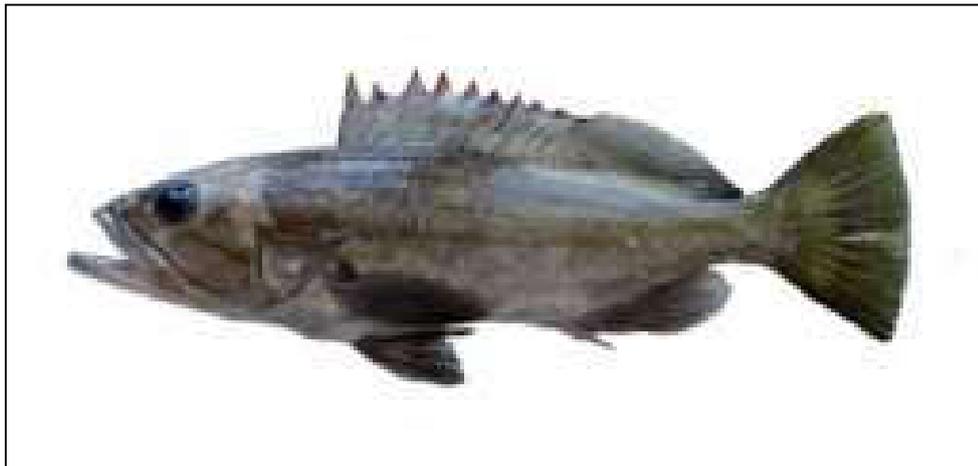


Figure 5. Morphologie externe de la badèche *Epinephelus costae* (Doğdu et Turan, 2016).

III.2.2. Distribution géographique et habitat

L'aire géographique de distribution d'*E. costae* couvre l'ensemble de la Méditerranée à l'Atlantique (Bauchot, 1987). Toutefois, cette espèce fréquente des biotopes différents comparée à d'autres espèces du genre *Epinephelus*. Elle est présente sur les côtes d'Italie, de France, d'Espagne, de la Tunisie, d'Algérie ainsi que le long des côtes Sud portugaises et des côtes Est de l'Afrique, du Maroc jusqu'au Sud de l'Angola (Heemstra et Randall, 1993). Maurin (1968) la signale sur les récifs coralliens du cap Blanc au Nord de la Mauritanie. Cette espèce est signalée également au cap Garajau, sur les côtes Sud de Madeira en Islande (Waschkewitz et Wirtz, 1990). En Méditerranée Occidentale, la répartition zoo géographique de cette espèce est limitée vers le Nord par une ligne joignant approximativement Barcelone à Rome et passant par le Sud de la Corse (Tortonese, 1986). La badèche est aussi indiquée sur les côtes orientales et occidentales de Corse (Miniconi, 1989 ; Meinesz *et al.*, 1990; Miniconi *et al.*, 1990). Elle fréquente habituellement les fonds mixtes constitués de rochers et d'herbiers de posidonie (Heemstra et Randall, 1993; Derbal *et al.*, 2013), mais aussi les fonds sableux (Louisy *et al.*, 2007) et vaseux (Craig *et al.*, 2011), entre - 10 et - 300 m (Bauchot,

1987). Son comportement territorial (Neill, 1967), ne semble pas aussi structuré que celui d'*E. marginatus* (Chauvet et Francour, 1990), bien que le mode de vie adopté en groupe soit volontiers par cette espèce, en particulier chez les juvéniles qui occupent les aires littorales et qui ne cohabitent pas avec les adultes. Le comportement territorial d'*E. costae* varie suivant les saisons (recherche d'un gîte, rassemblement pour la reproduction). Selon Waschkewitz et Wirtz (1990), la badèche effectuerait des migrations catadromes (homing) en revenant chaque année sur le même site. Chauvet et Francour (1990), conclurent que cette espèce effectue des migrations saltatoires génétiques, mais sans pour autant que ces auteurs précisent leurs aires géographiques des frayères.



Figure 6. Distribution géographique de la badèche (*E. costae*) (Francour et Pollard, 2018).

III.2.3. Alimentation

L'éthologie alimentaire des *Epinephelus* a été étudiée aussi bien en milieu naturel qu'en captivité. Toutefois, la majorité des travaux sur le régime alimentaire et le niveau trophique concernent essentiellement *E. marginatus* (Brusle, 1985; Derbal et Kara, 1995; Harmelin et

Harmelin-Vivien, 1999; Renones *et al.*, 2002; Stergiou et Karpouzi, 2002). L'alimentation naturelle de la badèche *E. costae* est très peu connue (Neill, 1967 ; Tortonese, 1986 ; Diatta *et al.*, 2003 ; Gracia Lopez et Castello-Orvay, 2005 ; Derbal *et al.*, 2007 ; Zaidi *et al.*, 2016). Il est admis que la badèche (*E. costae*), comme tous les mérours, est un redoutable prédateur de par sa position en fin de chaîne trophique. Elle se différencie des autres *Epinephelus* par une ichtyophagie quasi exclusive (Tortonese, 1986). Sur les côtes sénégalaises, *E. costae* a une préférence pour les décapodes et les poissons (Diatta *et al.*, 2002). L'alimentation, la prise de nourriture et l'ingestion de proies inerte ou vivantes ont été également étudiées en captivité chez les jeunes badèches *E. costae* (Glamuzina *et al.*, 2003) et les larves d'*E. aeneus* (Koven *et al.*, 2007). Les Téléostéens sont l'aliment préférentiel de la badèche *E. costae* dans la région Est des côtes algériennes, vient en second rang les proies carcinologiques ou Pancrustacea (crustacés décapodes et pércarides) et en derniers rang les mollusques (Zaidi, 2016). Tandis que chez les petites badèches, les Pancrustacés puis les Téléostéens dominent dans le bol alimentaire (Zaidi, 2016). Selon le même auteur la badèche est caractérisé par une différence ontogénétique (petits et grands) et saisonniers (été et automne) des préférences alimentaires.

III.2.4. Croissance

Les données sur les performances de la croissance des badèches sont rares aussi bien en captivité qu'en milieu naturel comparés à celles obtenues chez le mérour brun *E. marginatus* (Brusle, 1985 ; Bouain, 1984 ; Kara et Derbal, 1995 ; Bouchereau *et al.*, 1999 ; Harmelin et Harmelin-Vivien, 1999 ; Marino *et al.*, 2003 ; Fennessy, 2006 ; Pierre *et al.*, 2007 ; Renones *et al.*, 2007). Selon Heemstra et Randall (1993), la taille maximale d'*E. costae* atteindrait 80 cm, toutefois des longueurs totales de 100 cm (Dieuzeide *et al.*, 1954 ; Tortonese, 1975) et de 140 cm sont exceptionnellement signalées (Tortonese, 1986). Dans le golfe de Gabes (Tunisie), la longueur asymptotique (L_{∞}) d'*E. costae* est d'environ de 121 cm avec un taux de croissance annuel (K) égal à 0,041 (Bouain, 1986). Au cours de cette dernière décennie, Glamuzina *et al.* (2003) ont étudié la croissance de jeunes badèches en captivité. La dernière étude sur la badèche *E. costae* réalisé par Zaidi (2016), dans la région Est (golfe d'Annaba) des côtes algériennes, nous donne une longueur asymptotique assez importante 126.7 cm et un taux annuel de croissance K égal à 0.09.

III.2.5. Reproduction

Comme chez ses congénères *E. aeneus* (Brusle et Brusle, 1976 ; Bouain et Siau, 1983) et *E. marginatus* (Marino *et al.*, 2001; Andrade *et al.*, 2003; Fennessy, 2006), *E. costae* est hermaphrodite protogyne (Vadiya, 1984). Sa période de reproduction est estivale, entre juillet et septembre sur les côtes italiennes (Sparta, 1935) et entre août et septembre en Tunisie (Bouain, 1980). Bouain et Siau (1983) soulignent que le potentiel de fécondité totale de cette espèce varie entre 630515 et 879038 œufs pour des femelles mesurant 31,5 et 46,5 cm de longueur standard. Le diamètre moyen des ovocytes mesurés chez des femelles sauvages est de 446 pm (Bouain et Siau, 1983), alors que Glamuzina *et al.* (2000) estiment que les ovocytes issus de pontes artificielles ont un diamètre compris entre 459 et 975 pm. En milieu contrôlé, l'éclosion dure 24 heures 15 min et donne des larves mesurant entre 1,69 et 1,85 mm (Glamuzina *et al.*, 2000). Selon Ait Ali *et al.* (2007), le taux d'ovocytes viables (diamètre : 860 - 900 pm) peut atteindre jusqu'à 59% en captivité. Certains travaux ont montré l'importance des mérus Epinephelinae en aquaculture (Annalie *et al.*, 2000) et les possibilités d'élevage d'*Epinephelus* (Gracia, 1996; Hassin *et al.*, 1997) ainsi que le succès plus au moins prometteur de la reproduction artificielle chez les espèces *E. marginatus* (Hassin *et al.*, 1997; Glamuzina *et al.*, 1998 a, b, c ; Bruzon, 2007), *E. aeneus* (Hossu et Salnur, 2007; Lupatsch et Kissil, 2007) et *E. costae* (Glamuzina et Skaramuca, 1999; Glamuzina *et al.*, 2001; Ait Ali *et al.*, 2007). Selon Zaidi (2016), la badèche des côtes algériennes se caractérise par une reproduction saisonnière et a lieu une seule fois par an, de juin à septembre avec une taille de La première maturité sexuelle qu'est atteinte à partir de 29 cm chez les femelles et 41 cm chez les mâles, ce qui correspond à 2 et 4 ans.

III.2.6. Statut écologique et vulnérabilité

Malgré l'étendue de l'aire de répartition de la badèche *E. costae* et sa présence commune en Méditerranée au cours des années 70 (Craig *et al.*, 2011), cette espèce est considérée rare ou absente aussi bien en zones ouvertes non protégées (Moranta *et al.*, 2006 ; Louisy *et al.*, 2007 ; Bussotti et Guidetti, 2009 ; Azzurro *et al.*, 2010 ; Derbal *et al.*, 2013) qu'au sein des réserves marines (Arechavala-Lopez *et al.*, 2008 ; Forcada *et al.*, 2008). D'ailleurs, les quantités débarquées de cette espèce sont généralement occasionnelles et l'UICN lui a récemment conféré le statut de "Data Déficient" dans la liste rouge des espèces de poissons marins de la Méditerranée (Abdul-Malak *et al.*, 2011). Sur les côtes algériennes, la badèche *E. costae*, au même titre qu'*E. marginatus*, est une proie très recherchée par les pêcheurs sportifs. D'ailleurs, le nombre croissant d'amateurs qui pratiquent la pêche et la vente illicites font

augmenter sans cesse la pression de la pêche sans sélection de taille ; cette situation étant favorisée bien évidemment par la disponibilité et la diversité des équipements de pêche sous-marine sur le marché. En Méditerranée, la vulnérabilité constatée chez les *Epinephelus*, notamment chez *E. costae* et *E. marginatus*, pourrait être due non seulement à l'effort de pêche et leur stratégie de reproduction (caractère hermaphrodite protogyne) mais aussi aux pathologies qui ont affectées mystérieusement les populations méditerranéennes (Marino et Azzurro, 2001 ; Panzarin *et al.*, 2012 ; Vendramin *et al.*, 2013; Kara *et al.*, 2014 ; Boukedjouta *et al.*, 2016 ; Valencia *et al.*, 2019 ; Boukedjouta *et al.*, 2020).

III.2.7. Intérêt économique

La badèche (*E. costae*) est connue non seulement pour sa qualité organoleptique et sa haute valeur commerciale (1500 à 2000 DA/kg à Alger), mais pour son attrait pour le tourisme subaquatique, au même titre que le mérrou brun *E. marginatus* et le corb (*Sciaena umbra*), deux espèces emblématiques et icones des aires marines protégées (Harmelin, 2013).

En aquaculture, cette espèce présente aussi un intérêt certain via les programmes de diversification des poissons d'élevage. Ces deux dernières décennies ont montré les possibilités de mise en captivité des Serranidés en général (Tucker, 1994; Barnabe, 1999; Annalie *et al.*, 2000) et des mérours du genre *Epinephelus* en particulier (Gracia, 1996; Hassin *et al.*, 1997; Glamuzina *et al.*, 1998 a, b, c; Spedicato *et al.*, 1998; Spedicato et Boglione, 2000). Sur les 159 espèces de mérrou qui peuplent surtout les eaux marines chaudes, une quinzaine fait l'objet d'élevage ou d'essais d'élevage notamment en Asie (Barnabe, 1999). En Croatie, Glamuzina *et al.* (2000) confirment même le succès de la reproduction artificielle et du développement embryonnaire et larvaire chez la badèche *E. costae*. Certains travaux de recherche, Estudillo et Duray (2003) se sont intéressés par les conditions optimales de manutention des larves d'*Epinephelus spp.*

Dans les eaux atlanto-méditerranéennes et en mer Noire, les captures ne concernent que les mérours *E. aeneus* et *E. marginatus* dont la production en 1990 est estimée respectivement à 2583 et 4569 tonnes (Heemstra et Randall, 1993). Au Sud du bassin méditerranéen, les mérours sont exploités par la pêche professionnelle surtout artisanale (Bauchot, 1987). Sur les côtes algériennes, les captures de mérours et de badèches concernent essentiellement *E. marginatus* et *E. costae*. Les statistiques de production de ces espèces sont généralement absentes aussi bien à l'échelle nationale que locale. Les Directions de la Pêche et des Ressources Halieutiques des wilayas côtières (DPRH) ne disposent aucune information précise sur l'effort de pêche et les captures. Nous pouvons seulement constater que la pêche

de la badèche *E. costae* est étalée sur l'année en fonction de l'état de la mer avec une fréquence des prises relativement plus élevée en période printanière et estivale, de manière artisanale (palangre, filets maillants) et sportive (arbalète, traine).

III.3. *Epinephelus aeneus* (mérrou blanc, white grouper)

III.3.1. Critères de distinction

Le mérrou blanc (*E. aeneus*) se distingue par la présence de deux lignes blanches (ou bleutées) en arrière de l'œil, une troisième en prolongement de la mâchoire sont visibles. La queue est arrondie (Fig. 7).



Figure 7. Morphologie externe du Mérrou blanc *Epinephelus aeneus* (Geoffroy St.Hilaire, 1817).

III.3.2. Répartition géographique

Cette espèce est répartie dans les eaux méridionales et orientales de la mer Méditerranée, les côtes atlantiques méridionales du Portugal et de l'Espagne, et vers le sud le long de la côte atlantique de l'Afrique de l'Ouest jusqu'au sud de l'Angola, y compris les îles du golfe de Guinée. Il était considéré comme absent au nord de 44 ° N dans la mer Adriatique avant 1992 (Dulcic et Grbec, 2000 ; Dulcic *et al.*, 2006), mais Glamuzina *et al.* (2000) ont suggéré que cette espèce commençait plus récemment à coloniser de nouvelles zones dans le nord de la Méditerranée et la mer Adriatique. Il était également considéré comme absent d'Espagne au centre de l'Italie Méditerranée centrale, mais deux spécimens ont été capturés en juillet 2012 au large de la Corse, France (Ruitort, 2012), et un troisième spécimen a été capturé en janvier 2014 au large de Monaco (Gilles et Francour, 2016). Les données provenant des îles Canaries, en Espagne, ne sont pas fondées (Heemstra et Randall, 1993), tout comme celles de Madère (Francour, 2016). Sa profondeur varie de 20 à 200 mètres.

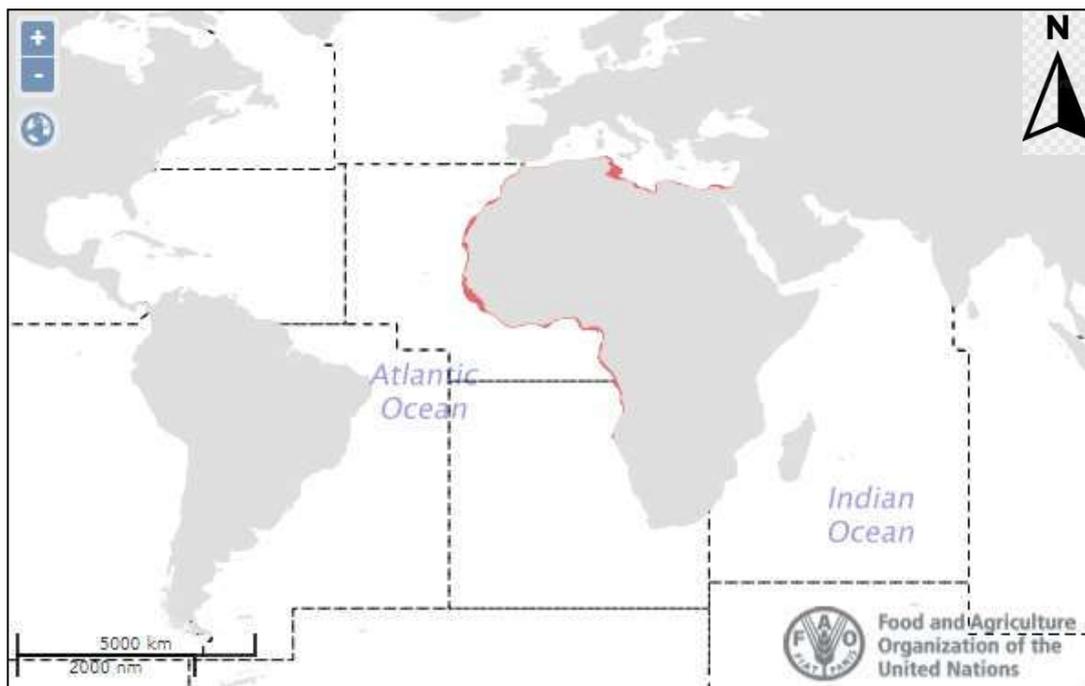


Figure 8. Distribution géographique du mérrou blanc (*E. aeneus*) dans le monde (Pollard et Francour, 2018).

III.3.3. Population

Glamuzina et Skaramuca (1999) ont décrit *E. aeneus* comme se produisant fréquemment en eaux méditerranéenne de l'Afrique du Nord, significativement rares dans les régions du centre de la Méditerranée et absentes dans le nord Mer Méditerranée. La plupart des informations sur la population de cette espèce proviennent du nord-ouest de l'Afrique et la Méditerranée, où elle a été pleinement exploitée. Les débarquements par espèce pour *E. aeneus* sont signalés dans des fiches FAO par certains pays, mais d'autres pays exploitent également cette espèce, donnent des débarquements globaux des mérours toutes espèces confondues. Certains ensembles de données présentent des preuves contradictoires difficiles à interpréter.

Les débarquements mondiaux de la FAO ont varié entre environ 1 000 et 2 000 tonnes de 1965 à 2008, et ont fortement augmenté ensuite à environ 7 500 tonnes en 2014. Cela peut représenter une véritable augmentation des captures, mais peut aussi refléter l'amélioration de la déclaration dans certains pays, effort de pêche accru ou pays déclarant les captures effectuées pays voisins. Par exemple, la Sierra Leone n'a pas déclaré de captures de cette espèce avant 2014. Ce premier rapport, d'environ 3 000 tonnes, représentait 40% des captures mondiales.

III.3.4. Description complémentaire

Le corps est assez allongé pour un méro. Généralement le corps est de couleur gris-verdâtre, parfois brun. Chez les jeunes en particulier, cinq barres sub-verticales indistinctes sont visibles ainsi que de gros points sombres peu marqués. Ce poisson fréquente plutôt les fonds meubles et les herbiers de posidonies. Son mode de vie est assez mal connu. Il reste probablement près du fond. Très peu de plongeurs ont pu voir ce poisson.

III.4. *Epinephelus caninus* (mérou gris, dogtooth grouper)

Nom du taxon: *Epinephelus caninus* (Valenciennes, 1843)

Synonyme (s):

- *Cerna canina* (Valenciennes, 1843)
- *Serranus caninus* Valenciennes, 1843

Noms communs:

- Anglais: Dogtooth grouper
- Français: Mérou Gris, Mérou Noir
- Espagnol: Cachorro, Cherne Denton, Cherne Ley, Mero, Mero Dentol, Mero Denton

Craig et Hastings (2007) considèrent que l'espèce *Epinephelus caninus* fait partie du genre *Mycteroperca*.

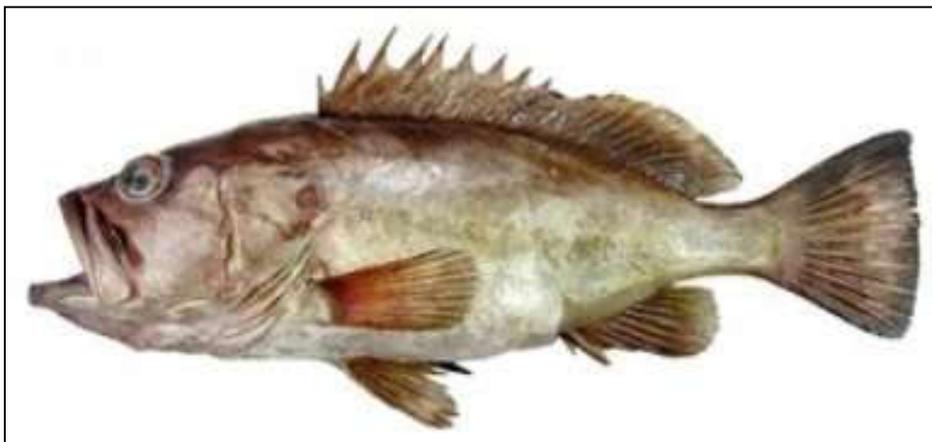


Figure 9. Morphologie externe du mérou gris (mérou à dent de chien) *E. caninus* (Doğdu et Turan, 2016).

III.4.1. Répartition géographique

Cette espèce est répartie dans l'est de l'océan Atlantique depuis la mer Méditerranée (Russino *et al.* 1991, Djabali *et al.*, 1993, Azzuro *et al.*, 2000, Bradai *et al.*, 2004, Bianchini *et al.*, 2007, Psomadakis *et al.*, 2012, Boban et Vladović, 2013, Bileçenoglu *et al.*, 2014), et des côtes

atlantiques du sud de l'Espagne et du Portugal, des îles Canaries (Lloris *et al.*, 1991), au sud le long de l'Afrique de l'Ouest jusqu'en Angola (Bianchi 1984, Vakily *et al.*, 2002). Il a récemment été enregistré dans le sud-ouest de la Crimée Péninsule de la mer Noire (Boltachev et Karpova, 2013). Sa distribution en Méditerranée a apparemment été étendue au sud et plus au nord dans la Méditerranée occidentale au cours des dernières décennies (par exemple, le nord de la mer Catalane et le golfe du Lion) (Lloret *et al.*, 2015). Vakily *et al.* (2002) enregistre cette espèce comme présente dans les îles du Cap-Vert; cependant, cela n'est pas confirmé (Hanel et John, 2015). Elle vit dans une profondeur varie de 30 à 530 mètres.



Figure 10. Distribution géographique du mérrou gris *E. caninus* (d'après Francour et Pollard, 2018).

III.4.2. Habitat et écologie

Cette espèce démersale habite principalement les fonds rocheux (Louisy, 2015), mais est également présente sur les fonds sableux et vaseux (Coll *et al.*, 1998). Des suivis à l'aide d'un ROV a été effectuée dans le sud-ouest de la Méditerranée, la mer d'Alboran et la Sardaigne (Italie), cette espèce a été observé parfois en agrégations au sommet des monts sous-marins ou

autour d'épaves (Aguilar *et al.*, 2013, Canese et Bava, 2014). En Corse, des individus plus petits ont été observés à environ 20-30 m de profondeur (Francour, 2016 : données non publiés), mais des juvéniles ont été également signalés à plus de 70 m de profondeur dans le détroit de Sicile (Bianchini *et al.*, 2007). Un seul individu de Majorque mesurant 164 cm de longueur totale et 57 kg était âgé de 55 ans (Morales-Nin *et al.*, 2005). Un poids maximum de 78 kg a été signalé en Espagne. Il se nourrit de poissons, crustacés et mollusques (Stergiou et Karpouzi, 2002). Sa reproduction est très peu connue.

III.4.3. Actions de conservation

Dans les eaux européennes, la longueur minimale légale à la capture pour toutes les espèces de mérus est de 45 cm. Un arrêt de pêche de dix ans pour cette espèce s'étendant de 2013 à 2023 a été proposé en France. En Tunisie, la capture de cette espèce et de toutes les autres espèces de mérus est interdite aux longueurs inférieures à 35 cm et la capture de mérus par la lance est totalement interdite (Journal officiel de la République tunisienne 1995). En Algérie la taille minimale marchande du mérus gris *E. caninus* est de l'ordre de 35 cm (Journal Officiel de la République Algérienne). Des recherches sont nécessaires sur la biologie de la reproduction et la menace potentielle de la surexploitation. Selon l'évaluation régionale de la liste rouge de l'IUCN (Francour et Pollard, 2018), cette espèce a été classée comme espèce à données insuffisantes (Data déficient).

IV. La notion de maladie chez les poissons

IV.1. Définitions

On doit appeler « maladie » chez les poissons, des troubles ayant à leur origine l'action nocive de parasites, de bactéries, de virus et parfois, en pisciculture, de la nutrition. Ces troubles se manifestent par des anomalies du comportement et (ou) de l'intégrité corporelle, qui se répètent dans des populations et aboutissent généralement à une mortalité plus ou moins rapide, en l'absence de toute pollution ayant un effet toxique direct sur l'animal.

Le terme « maladie » a deux significations selon que l'on considère : la cause qui la provoque ou l'effet résultant de cette cause (par exemple une destruction des nageoires, des ulcères, des hémorragies, des destructions d'organes internes). Or, en observant un sujet malade présentant des anomalies visibles, on ignore souvent la cause et tend à nommer « maladie » les manifestations apparentes (ex. maladie de l'ulcère, des taches rouges, des points blancs) et cette pratique a tellement été répandue par les anciens pathologistes, qu'elle ne facilite pas maintenant la compréhension. Le sujet que l'on appelle « malade » peut : soit héberger un agent de maladie ou en avoir souffert (virus, bactérie, parasite, nutrition) : son cas est du ressort de la pathologie des poissons. Soit être atteint ou mourir de divers troubles organiques qui font qu'on l'appelle « malade » mais ces troubles peuvent être dus à l'effet de l'âge, à des variations naturelles de milieu ou à des pollutions (effet toxique) : nous sortons alors du domaine de la pathologie telle que nous la définissons. Soit héberger réellement un agent de maladie dont l'action nocive est stimulée par une modification naturelle ou induite du milieu. Donc, reconnaître l'origine d'une mortalité est loin d'être aisé pour un garde ou un pêcheur qui observent des troubles, et il ne suffit que très rarement de consulter un ouvrage énumérant les causes de maladies en décrivant leurs effets pour remonter à la cause exacte. Il faut généralement mettre en œuvre un ensemble de techniques et de raisonnements pour parvenir à la solution à partir des premières observations. Selon l'OIE (2019), il faut obligatoirement considérer que le domaine des maladies qui nous intéresse et contre lesquelles nous devons lutter ensemble, concerne :

- Les maladies atteignant les groupes de poissons,
- La connaissance des causes qui les provoquent.

L'examen clinique ou l'observation sur le corps des animaux d'anomalies décelables, ne doit servir qu'à orienter nos recherches pour reconnaître l'origine de la maladie.

IV.2. Transmission des maladies

IV.2.1. Maladie contagieuse - Maladie non contagieuse

Il y a une maladie contagieuse lorsque l'agent pathogène est transmis directement ou indirectement (mais sans transformation) du sujet porteur au sujet sain. Ainsi la Septicémie Hémorragique Virale, la Nécrose Pancréatique, la Furonculose, la Costiose sont des maladies contagieuses. En revanche, une maladie nutritionnelle ou des parasitoses dues à des cycles (Ligulose, Bothricéphalose, Bucéphalose) ne sont pas contagieuses.

IV.2.2. Maladie infectieuse - Maladie non infectieuse

Une maladie est dite « infectieuse » quand son agent se reproduit sur (ou dans) l'hôte. C'est le cas des viroses, de la plupart des bactérioses et d'une partie des parasitoses comme la Costiose (Il s'agit d'une infection parasitaire causée par *Ichthyobodo necatrix*, un protozoaire flagellé, qui affecte la peau et les branchies de nombreux poissons d'eau douce, dans une large gamme de température 2-30°C) ou la Gyrodactylose (causé par différentes espèces de vers d'ordre des gyrodactylidea). En revanche, les parasites ayant un cycle de développement hors de l'hôte ne provoquent pas de maladies infectieuses. Donc, une maladie peut être à la fois infectieuse et contagieuse.

IV.2.3. Infection - Infestation - Affection

Le terme « infection » indique une cause virale ou bactérienne alors qu'« infestation » sous-entend une maladie parasitaire. Les deux mots se rapportent à la cause. Au contraire, « affection » indique l'organe ou la fonction atteinte, sans préjuger la cause (ex. affection branchiale, digestive, nerveuse ; ainsi une infection bactérienne à Myxobactéries provoque les affections branchiales chez les poissons).

IV.3. Encéphalopathie et Rétinopathie Virale (VER)

Aux fins du présent chapitre, l'encéphalopathie et la rétinopathie virales (VER), également appelées nécrose nerveuse virale (VNN), sont considérées comme une maladie grave de plusieurs espèces de poissons marins, caractérisée par des pertes importantes associées à des lésions vacuolaires du système nerveux central et la rétine.

IV.3.1. Virus responsable de la maladie

L'agent causal du VER ou du VNN a été identifié pour la première fois comme un nouveau membre de la famille des Nodaviridae après la purification des tissus cérébraux des larves de l'espèce striped jack (*Caranx vinctus*) affectées, et le nom de virus de la nécrose nerveuse du Jack rayé (*Caranx vinctus*) (SJNNV) a été adopté (Mori *et al.*, 1992). Par la suite, d'autres

agents de VER/ VNN ont été purifiés de certaines espèces de poissons malades (Chi *et al.*, 2001 ; Comps *et al.*, 1994). La taxonomie actuelle classe les virus dans le genre Betanodavirus au sein de la famille des Nodaviridae (Schneemann *et al.*, 2005). Les bêtanodavirus sont non enveloppés, sphériques et d'environ 25 nm de diamètre. Le génome se compose de deux molécules d'ARNsb de sens positif : l'ARN1 (3,1 kb) code pour la réplicase (110 kDa) et l'ARN2 (1,4 kb) code pour la protéine d'enveloppe (42 kDa). Des séquences nucléotidiques complètes d'ARN1 et d'ARN2 ont été rapportées pour le SJNNV et d'autres (Iwamoto *et al.*, 2001 ; Tan *et al.*, 2001 ; Iwamoto *et al.*, 2004 ; Sommerset et Nerland, 2004). Sur la base de l'analyse phylogénétique de la région variable T4 de l'ARN1, les bêtanodavirus ont été préalablement regroupés en quatre génotypes principaux, désignés : virus de la nécrose nerveuse du *Caranx vinctus* (Striped jack) (SJNNV), virus de la nécrose nerveuse du tigre puffer (TPNNV), virus de la nécrose nerveuse de *Verasper moseri* (barfin flounder) (BFNNV) et le virus de la nécrose nerveuse du mérrou à taches rouges (red-spotted grouper) (RGNNV) (Nishizawa *et al.*, 1997). Les génotypes identifiés sont partiellement corrélés avec trois sérotypes différents qui ont été identifiés par neutralisation du virus avec des anticorps polyclonaux, différentes espèces hôtes et la température de croissance optimale *in vitro* (Iwamoto *et al.*, 2000 ; Mori *et al.*, 2003). De plus, un génotype supplémentaire comprenant une souche de bêtanodavirus du turbot (TNV) a été proposé (Johansen *et al.*, 2004). Pour éviter toute confusion concernant la taxonomie, une nomenclature numérique, indépendante de l'origine de l'espèce hôte, a été proposée par Thiéry *et al.*, 2004. Dans le tableau 3, les génotypes officiels, les espèces hôtes cibles et la température optimale de croissance *in vitro* sont rapportés (Iwamoto *et al.*, 2000).

Tableau 3. Variantes génotypiques et phénotypiques des bêtanodavirus (OIE, 2019).

| Génotype | Sérotipe | Poisson hôte cible | T croissance optimale |
|----------|----------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| SJNNV | A | Striped Jack | 20-25 °C |
| TPNNV | B | Puffer tigre | 20 °C |
| BFNNV | C | Poissons d'eau froide : flétan atlantique, morue franche, plie, etc. | 15 à 20 °C |
| RGNNV | C | Poissons d'eau chaude : bar asiatique, bar européen, mérours, etc. | 25 à 30 °C |

IV.3.2. Survie du bétanodavirus en dehors du poisson

Les bétanodavirus sont très résistants en milieu aquatique et peuvent survivre longtemps dans l'eau de mer à basse température (Frerichs *et al.*, 2000), tandis qu'à 25 °C ou plus, le taux de survie est significativement affecté. La contamination du milieu aquatique à la suite de l'apparition d'un foyer est susceptible de persister pendant de longues périodes et représente une source d'infection pour les espèces sauvages sensibles. Chez les poissons congelés, le virus peut persister pendant de longues périodes et il peut représenter un risque potentiel si le poisson cru est utilisé pour l'alimentation (Mori *et al.*, 2005). En dehors du milieu aquatique, les bétanodavirus semblent perdre très facilement leur cytopathogénicité. Dans des conditions de séchage, une inactivation > 99% a été observée après une période de 7 jours à 21 °C (Maltese et Bovo, 2007).

IV.3.3. Méthodes d'inactivation efficaces du virus

Les désinfectants courants tels que l'hypochlorite de sodium, l'iode, le peroxyde d'hydrogène et le chlorure de benzalkonium sont très utiles pour inactiver les bétanodavirus tandis que le formol présente une faible activité (Frerichs *et al.*, 2000). L'ozone a également été utilisé pour éviter ou réduire la contamination virale à la surface de la coquille d'œuf (Grotmol et Totland, 2000) et l'eau contaminée par le virus peut être efficacement stérilisée par exposition aux UV (Frerichs *et al.*, 2000).

IV.3.4. Cycle de la vie du virus

La présence de réservoirs dans la nature est très raisonnablement la source d'origine d'infection des populations d'élevage tandis que le commerce de juvéniles infectés représente le moyen le plus courant de propager de grandes quantités de particules virales dans l'environnement. On sait peu de choses sur le cycle de vie des bétanodavirus. Compte tenu des résultats obtenus à partir d'infections expérimentales réalisées par différents auteurs, le virus envahit très probablement l'hôte à travers l'épithélium intestinal et le système nerveux périphérique, atteignant très rapidement les tissus nerveux centraux où il peut provoquer la mort de l'hôte ou y rester pendant plusieurs années survivants (Johansen *et al.*, 2004). Les poissons décomposés morts peuvent propager le virus dans l'environnement et atteindre différents vecteurs biologiques. De plus, les poissons malades peuvent facilement être cannibalisés par des prédateurs qui, en plus de la possibilité d'être infectés, peuvent propager le virus à travers des fèces contaminées. La transmission verticale a été fortement suspectée chez certaines espèces (Arimoto *et al.*, 1992 ; Comps *et al.*, 1994; Mushiake *et al.*,

1994; Grotmol et Totland, 2000; Watanabe *et al.*, 2000); dans ce cas, le virus peut atteindre des gonades en développement où il a été fréquemment détecté (Mushiake *et al.*, 1994 ; Nishizawa *et al.*, 1996 ; Dalla Valle *et al.*, 2000) et infecter les œufs et les fluides séminaux (Nishizawa *et al.*, 1994).

IV.3.5. Espèces sensibles au virus

À ce jour, la maladie a été signalée chez plus de 50 espèces de poissons, principalement des espèces marines, le plus grand impact étant le carangue denté (*Pseudocaranx dentex*) le bar européen (*Dicentrarchus labrax*), les mérous et les poissons plats (Munday *et al.*, 2002 ; Sano *et al.*, 2011). Quelques foyers ont également été documentés dans des fermes d'eau douce (Chi *et al.*, 2003; Bovo *et al.*, 2011). Les espèces de poissons naturellement affectées par VER sont répertoriées dans le tableau 4 ; d'autres espèces de poissons d'eau douce ont développé des signes cliniques suite à une infection expérimentale (Furusawa *et al.*, 2007) suggérant la possibilité de nouveaux hôtes, en particulier à l'avenir lorsque de nouvelles espèces seront sélectionnées pour l'aquaculture.

Tableau 4. Espèces de poissons affectées par VER / VNN (OIE, 2019).

| Ordre | Famille | Nom commun | Nom scientifique |
|--------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Acipenseriformes | Acipenseridae | Esturgeon russe | <i>Acipenser gueldenstaedti</i> |
| Anguilliformes | Anguillidae | Anguille européenne | <i>Anguilla anguilla</i> |
| Gonorynchiformes | Chanidae | Chano | <i>Chanos chanos</i> |
| Siluriformes | Siluridae | Poisson-chat chinois | <i>Parasilurus asotus</i> |
| | | Poisson-chat australien | <i>Tandanus tandanus</i> |
| Gadiformes | Gadidae | Morue franche | <i>Gadus morhua</i> |
| | | Eglefin | <i>Melanogrammus aeglefinus</i> |
| Cyprinodontiformes | Poeciliidae | Guppy | <i>Poecilia reticulata</i> |
| Perciformes | Acanthuridae | Condamner le chirurgien | <i>Acanthurus triostegus</i> |
| | Apogonidae | Poisson cardinal à rayures étroites | <i>Apogon exostigma</i> |
| | Anarchichadidae | Poisson loup | <i>Anarchichas minor</i> |
| Perciformes | Carangidae | Carangue dentue | <i>Pseudocaranx dentex</i> |
| | | Sérieole violacée | <i>Seriola dumerili</i> |
| | | Pompano en cire jaune | <i>Trachinotus falcatus</i> |
| | | Nez retroussé pompano | <i>Trachinotus blochii</i> |
| | Centropomatidae | Bar asiatique | <i>Lates calcarifer</i> |
| | | Bar japonais | <i>Lateolabrax japonicus</i> |
| | Cichlidae | Tilapia | <i>Oreochromis niloticus</i> |
| | Eleotridae | Morue endormie | <i>Oxyeleotris lineolata</i> |
| | Ephippidae | Poisson chauve-souris orbiculaire | <i>Platax orbicularis</i> |
| | Latridae | Trompette rayé | <i>Latris lineata</i> |
| | Lutjanidae | Vivaneau cramoisi | <i>Lutjanus erythropterus</i> |
| | | Vivaneau rouge de mangrove | <i>Lutjanus argentimaculatus</i> |
| | Malacanthidae | Poisson tuile japonais | <i>Branchiostegus japonicus</i> |
| | Mugilidae | Mulet gris | <i>Mugil cephalus</i> |
| | | Mulet gris doré | <i>Liza aurata</i> |
| | | Rouget de vase | <i>Mullus barbatus</i> |
| | Oplegnathidae | Ishidai | <i>Oplegnathus fasciatus</i> |
| | | Mâchoire tachetée | <i>Oplegnathus punctatus</i> |
| | Percichthyidae | Bar européen | <i>Dicentrarchus labrax</i> |
| | Rachicentridae | cobia | <i>Rachycentron canadum</i> |
| | Sciaenidae | Tambour rouge | <i>Sciaenops ocellatus</i> |
| | | Tambour shi | <i>Umbrina cirrosa</i> |
| | | Petit déjeuner blanc | <i>Atractoscion nobilis</i> |

Tableau 4 (suite). Espèces de poissons affectées par VER / VNN (OIE, 2019).

| Ordre | Famille | Nom commun | Nom scientifique |
|-------------------|-------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| Perciformes | Scombridae | Thon rouge du Pacifique | <i>Thunnus orientalis</i> |
| | Serranidae | Mérou tacheté rouge | <i>E. akaara</i> |
| | | Mérou jaune | <i>E. awoara</i> |
| | | Mérou à sept bandes | <i>E. septemfasciatus</i> |
| | | Mérou tacheté | <i>E. fuscoguttatus</i> |
| | | Mérou malabar | <i>E. malabaricus</i> |
| | | Mérou brun | <i>E. marginatus</i> |
| | | Badèche | <i>E. costae</i> |
| | | Mérou varech | <i>E. moara</i> |
| | | Mérou grassex | <i>E. tauvina</i> |
| | | Mérou dragon | <i>E. lanceolatus</i> |
| | | Mérou à bosse | <i>Chromileptes altivelis</i> |
| | | Mérou blanc | <i>Epinephelus aeneus</i> |
| | | Mérou à pois orange | <i>E. coioides</i> |
| | | Sparidae | Dorade royale |
| Cichlidae | Tilapia du Nil | <i>Oreochromis niloticus niloticus</i> | |
| Tetraodontiformes | Monacantidae | File-sale filefish | <i>Stephanolepis cirrhifer</i> |
| | Tetraodontidae | Poisson-globe japonais | <i>Takifugu rubripes</i> |
| Pleuronectiformes | Pleuronectidae | Plie grise | <i>Verasper moseri</i> |
| | Soleidae | Sole commune | <i>Solea solea</i> |
| | Scophthalmidae | Turbot | <i>Psetta maxima</i> |
| | | Plie japonaise | <i>Paralichthys olivaceus</i> |
| | Flétan atlantique | <i>Hippoglossus hippoglossus</i> | |
| Scorpaeniformes | Sebastidae | Sébaste oblong | <i>Sebastes oblongus</i> |

IV.3.6. Organes cibles et tissus infectés par le virus

Le cerveau, la moelle épinière et la rétine sont considérés comme les organes cibles dans lesquels le virus se réplique activement, provoquant une vacuolisation tissulaire étendue. Des inclusions intra-cytoplasmiques ont été décrites dans les cellules cérébrales du bar européen (*Dicentrachus labrax*), du bar asiatique (*Lates calcarifer*), du poisson perroquet japonais (*Oplegnathus fasciatus*) et du mérou malabar (*Epinephelus malabaricus*) (Munday *et al.*, 2002). Le virus a également été détecté dans des gonades de géniteurs (Mushiake *et al.*, 1994 ; Nishizawa *et al.*, 1996 ; Dalla Valle *et al.*, 2000). Chez certaines espèces telles que le carangue dentue (*Pseudocaranx dentex*), le bar européen (*Dicentrachus labrax*), la plie rouge (*Verasper moseri*), le mérou à sept bandes (*Epinephelus septemfasciatus*) et le flétan

atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*), les géniteurs sont probablement le réservoir de virus le plus constant et la source d'infection la plus importante pour les larves et les juvéniles (Mushiake *et al.*, 1994 ; Watanabe *et al.*, 2000). Les virus ne peuvent pas se répliquer et résider dans les organes reproducteurs à tout moment et sont plus susceptibles de s'y trouver après des conditions stressantes (Mushiake *et al.*, 1994).

IV.4. Mécanismes de transmission du virus

La maladie peut être reproduite chez les poissons en bonne santé par cohabitation, immersion et injection (Munday *et al.*, 2002). La transmission horizontale, fréquemment observée sur le terrain, doit être considérée comme le moyen le plus courant de transmission de maladies par l'eau contaminée. De plus, il existe des preuves de transmission verticale du stock de géniteurs à la progéniture dans le cric rayé, le bar européen, le bar asiatique, le plie rouge, le flétan atlantique et le mérrou à sept bandes, comme mentionné précédemment (Comps *et al.*, 1994; Mushiake *et al.*, 1994; Mori *et al.*, 1998 ; Watanabe *et al.*, 2000). Ce fait se reflète principalement par l'apparition précoce d'une maladie clinique et la détection de matériel génétique viral à partir de gonades matures (Mushiake *et al.*, 1994 ; Nishizawa *et al.*, 1996 ; Dalla Valle *et al.*, 2000); Il reste à prouver définitivement si le virus se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur des œufs en tant que contaminant de la coquille. Une possibilité supplémentaire de transmission de la maladie est représentée par l'alimentation des géniteurs avec du poisson cru (Mori *et al.*, 2005). Il existe également de très solides preuves que l'ozonation des œufs fécondés provenant de géniteurs infectés élimine ou réduit le taux d'infection chez les descendants (Mori *et al.*, 1998), indiquant que la transmission verticale peut se produire sous forme de contamination par coquille d'œuf, au moins pour certaines espèces.

IV.5. Distribution géographique du virus

La maladie a été officiellement signalée dans de nombreuses régions. Il s'agit notamment des pays d'Asie du Sud et de l'Est (Chine, Taipei chinois, Inde, Indonésie, Iran, Japon, Corée, Malaisie, Philippines, Thaïlande, Vietnam), Océanie (Australie, Tahiti), Méditerranée (France, Grèce, Italie, Malte, Portugal, Espagne, Tunisie, Algérie), Royaume-Uni, Norvège, Caraïbes et Amérique du Nord (Canada, États-Unis) (Munday *et al.*, 2002). De plus, des soupçons de mortalités causées par des bétanodavirus ont été signalés chez des mérours sauvages vivant le long des côtes sénégalaise et libyenne.

IV.6. Effet du virus sur un stock

Il existe des variations considérables dans l'âge auquel la maladie est notée pour la première fois et la période pendant laquelle la mortalité survient (Munday *et al.*, 2002). En général, plus les signes de maladie se manifestent tôt, plus le taux de mortalité est élevé. Dans le cas du carangue dentue (*Pseudocaranx dentex*), les mortalités sont le plus souvent observées dans les 10 jours suivant l'éclosion, tandis que l'apparition la plus précoce de la maladie se situe au jour 2 après l'éclosion, entraînant une perte presque complète des larves. En Europe, la mortalité du bar (*Dicentrarchus labrax*) n'est généralement pas observée avant environ 30 jours après l'éclosion, mais des épidémies peuvent survenir même chez les poissons de taille commerciale. Le taux de mortalité dépend de l'âge. Lorsque les stades larvaires sont touchés, une mortalité plus élevée, atteignant souvent 100%, est observée alors que chez les juvéniles et les poissons plus âgés, des pertes plus faibles ont généralement été signalées.

IV.7. Facteurs environnementaux

La température de l'eau est un facteur important et l'apparition de signes cliniques peut être considérablement influencée par la température. L'effet de la température est particulièrement bien connu dans l'élevage du bar et la maladie a été préalablement identifiée comme la maladie d'été. La corrélation entre l'apparition des signes cliniques et la température de l'eau est en partie confirmée par des études *in vitro* (Iwamoto *et al.*, 2000). La spécificité de l'hôte semble exister dans le génotype RGNNV pour les poissons d'eau chaude et dans le génotype BFNNV pour les poissons d'eau froide. Chez les larves du Jack rayé (*Caranx vinctus*) infectées par le SJNNV (*in vitro* température de croissance optimale: 20–25 °C) aucune différence de mortalité n'a été observée entre les différents groupes élevés à différentes températures de l'eau allant de 20 °C à 26 °C, tandis que dans le mérrou à sept bandes (*Epinephelus septemfasciatus*) infecté par le RGNNV (température de croissance optimale *in vitro* : 25–30 °C), la température de l'eau d'élevage (16–28 °C) peut influencer le développement de la maladie. Une mortalité plus élevée et une apparition plus précoce de la maladie ont été observées à des températures plus élevées, tandis que des températures de l'eau supérieures à 31 °C ont inhibé la prolifération du RGNNV chez le mérrou à bosse (*Chromileptes altivelis*) (Yuasa *et al.*, 2007). En revanche, l'infection à AHNV (génotype BFNNV, la température optimale varie de 15 à 20 °C) dans le flétan atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*) se produit à 6 °C. La salinité ne semble pas avoir d'influence sur la survenue de la maladie, car des foyers ont été signalés chez des espèces d'eau douce.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. Sites étudiés et échantillonnage

Les sites étudiés sont localisés dans des endroits hautement fréquentés par des chasseurs ou pratiquant la pêche par plongé sous-marine. Ces sites sont à substrat rocheux (Fig. 9). Parmi les quatre espèces du genre *Epinephelus* existantes dans les côtes Algériennes, on a pu faire un échantillonnage de deux espèces (*E. aeneus* et *E. caninus*); nos échantillons concernent uniquement le mérrou brun *E. marginatus* et la badèche *E. costae*. L'échantillonnage s'est étalé entre mars 2015 et février 2020, et n'était pas réalisé d'une façon régulière (mensuel ou saisonnier), à cause des spécificités liées aux espèces étudiées (la rareté des espèces étudiées, la vente directe des poissons pêchées sans passer par les poissonneries, l'absence des statistiques de pêche, ...), des mesures biométriques (longueur totale (Lt), le poids total (Wt), ...) ont été réalisés sur les cales de ventes. Quelques fois des individus entiers ont été prélevés de trois régions de l'Algérie (Est, centre et Ouest) (Fig. 11), en vue de l'analyse virologique. Les poissons provenant de la pêche artisanale et récréative exercée dans le long des côtes algériennes (Fig. 9), et acquis auprès des mareyeurs, les poissonniers des villes par fois auprès des chasseurs en apnée. Les engins de pêches utilisées sont le filet trémail, le filet maillant, la palangre et l'arbalète (voir chapitre I, Fig. 2).

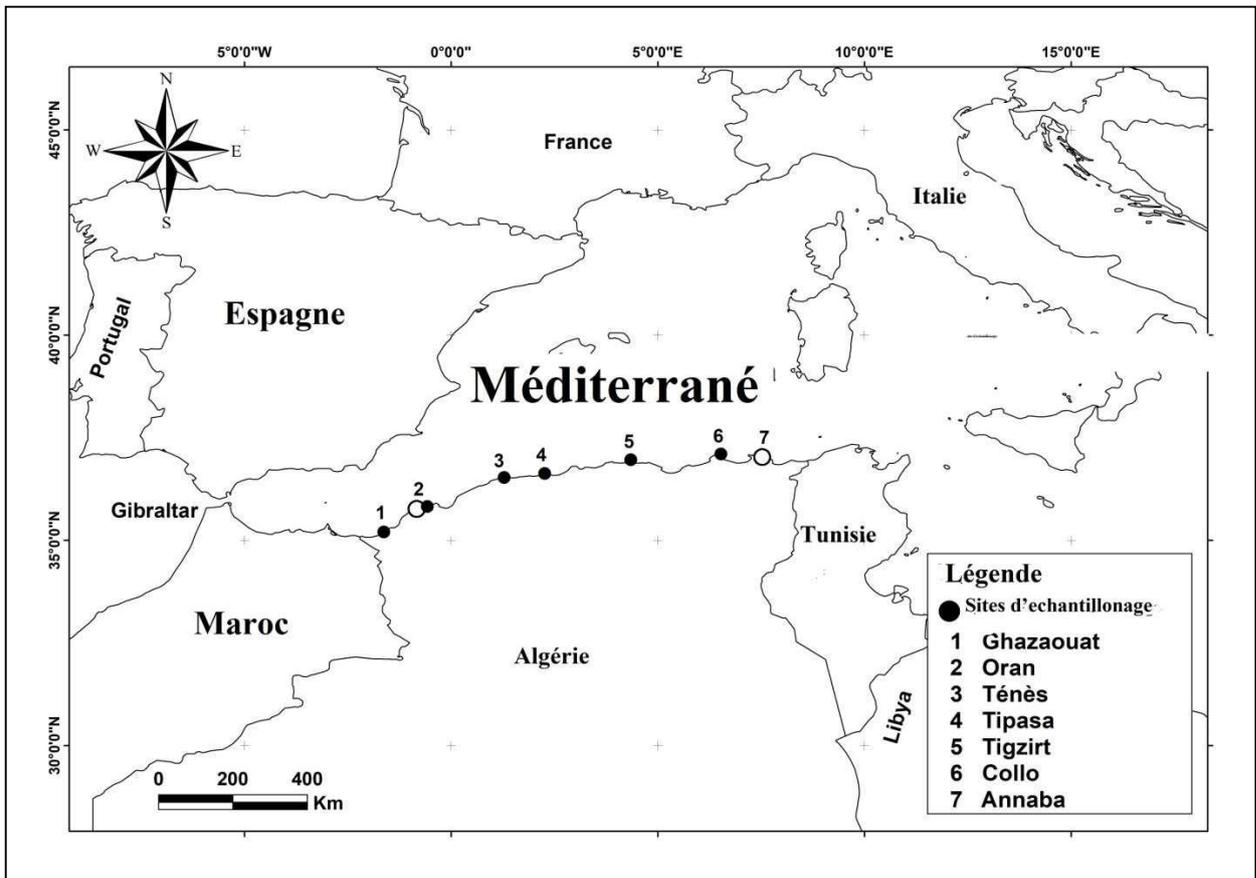


Figure 11. Localisation des sites d'échantillonnages d'*E. marginatus* et d'*E. costae* des côtes Algériennes.

I.1. Présentation des deux espèces étudiées

Dans la présente étude, nous adopterons pour les deux espèces d'Epinephelinae la taxonomie phylogénétique la plus récente proposée par Lecointre et Le Guyader (2007) (Tab. 5).

Tableau 5. Taxonomie phylogénétique adoptée pour les deux espèces étudiées (Lecointre et Le Guyader, 2007).

| <i>Epinephelus marginatus</i> | <i>Epinephelus costae</i> |
|-------------------------------|------------------------------|
| Règne: Animalia | Règne : Animalia |
| Embranchement: Chordata | Embranchement: Chordata |
| Sous-emb: Vertebreta | Sous-emb: Vertebreta |
| Super-classe: Osteichthyens | Super-classe: Osteichthyens |
| Classe: Actinopterygii | Classe: Actinopterygii |
| Infra-classe: Teleostei | Infra-classe: Teleostei |
| Super-ordre: Acanthopterygii | Super-ordre: Acanthopterygii |
| Ordre: Perciforma | Ordre: Perciforma |
| Famille: Serranidae | Famille: Serranidae |
| Sous-famille: Epinephelinae | Sous-famille: Epinephelinae |
| Genre: <i>Epinephelus</i> | Genre: <i>Epinephelus</i> |
| Espèce: <i>marginatus</i> | Espèce: <i>costae</i> |

II. Etude biométrique

II.1. Estimation de l'âge

L'étude de l'âge des poissons est un élément fondamental pour connaître leurs cycles de vie. Elle constitue la base des calculs menant à la connaissance la dynamique de ses populations marines exploitées et proposer des mesures de réglementation en vue de leur exploitation rationnelle. Chez les poissons, la mesure de l'âge peut se faire suivant deux grandes catégories de méthodes :

-Les méthodes de détermination individuelle (les méthodes directes) qui donnent l'âge d'un individu à partir d'une marque naturelle ou expérimentale (les pièces osseuses : les écailles et les otolithes, ...);

- Les méthodes de détermination collective qui donnent statistiquement l'âge moyen d'un groupe d'individus ou l'âge le plus probable d'un individu de taille donnée (les méthodes indirectes).

Les échantillons du mérrou (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) provient de l'échantillonnage effectuée le long de la côte Algérienne pêché avec différentes techniques de pêche la majorité de notre échantillonnage provient de la pêche récréative via la plongée sous-marine.

II.1.1. Méthode directe

II.1.1.1. Prélèvement écailles

Vu les difficultés rencontrées pour la lecture des otolithes des mérous et des badèches malgré les traitements réalisés sur les otolithes (coloration, immersion dans les huiles, brûlant, polissage, gravure à l'acide et coupe) pour la détermination de l'âge, mais ils ne sont pas efficaces. Pour cette raison, nous avons opté pour scalimétrie (utilisation des écailles). Ces dernières font partie du squelette superficiel des poissons, au même titre que les rayons des nageoires (Meunier *et al.*, 1979). Leur prélèvement étant aisé, nous avons tenté d'estimer l'âge des poissons à partir de leur lecture directe. Le prélèvement des écailles s'est effectué sur un échantillon (Sur des totaux de 134 individus d'*E. marginatus* et 65 individus d'*E. costae*) seulement 115 écailles d'*E. marginatus* et 44 écailles d'*E. costae* sont intégrées dans l'étude de l'âge. Afin de minimiser les aléas d'erreurs dus aux écailles régénérées qui sont illisibles, le prélèvement s'est effectué sous la nageoire pectorale gauche lorsqu'elle est rabattue. Ce choix est justifié dans la mesure où ces écailles sont généralement mieux protégées des agressions extrinsèques donc présentant une faible probabilité de taux de régénération. Compte tenu de la variabilité de la taille et de la morphologie des écailles au sein d'une même zone de prélèvement (Hile, 1970), il est important d'observer plusieurs écailles. Pour cela, nous avons prélevé un nombre compris entre 10 et 20. Avant toute préparation, la première étape consiste à sélectionner les écailles (loupe binoculaire) visant à éliminer celles avec cal granuleux. Après avoir essuyé soigneusement la zone de prélèvement, on arrache avec une pince fine les écailles

sur des individus qui ont été préalablement mesurés et pesés. Une fois prélevées, elles sont stockées dans des piluliers remplis d'eau douce. Puisque les écailles sont partiellement recouvertes de résidus du derme, de l'épiderme, de mucus secs et de pigments, il est souvent indispensable de les nettoyer avant leur montage (Jearld, 1983). Après frottement à sec entre les doigts, les écailles sont nettoyées avec une eau javellisée (6°) et une petite brosse suivie d'un rinçage à l'eau douce. Enfin, les écailles sont montées à sec entre deux lames porte objets.

II.1.1.2. Lecture des écailles.

La lecture des écailles placées entre deux lames porte objets s'effectue au moyen d'une caméra numérique de type Infinity Lite 0,5X fixée sur une loupe trinoculaire, l'ensemble du dispositif étant raccordé à un ordinateur du bureau de marque Dell (950 Go; 6,00 Go; I5). Par la suite, toutes les images ont été calibrées, puis les mensurations et la quantification d'âge ont été prises avec une précision de 0,01 mm en utilisant le logiciel TNPC (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées) (Version 7) fonctionne sur la plate-forme Visilog (Version 7) développée par la société FEI (anciennement Noésis) (Fig. 12).

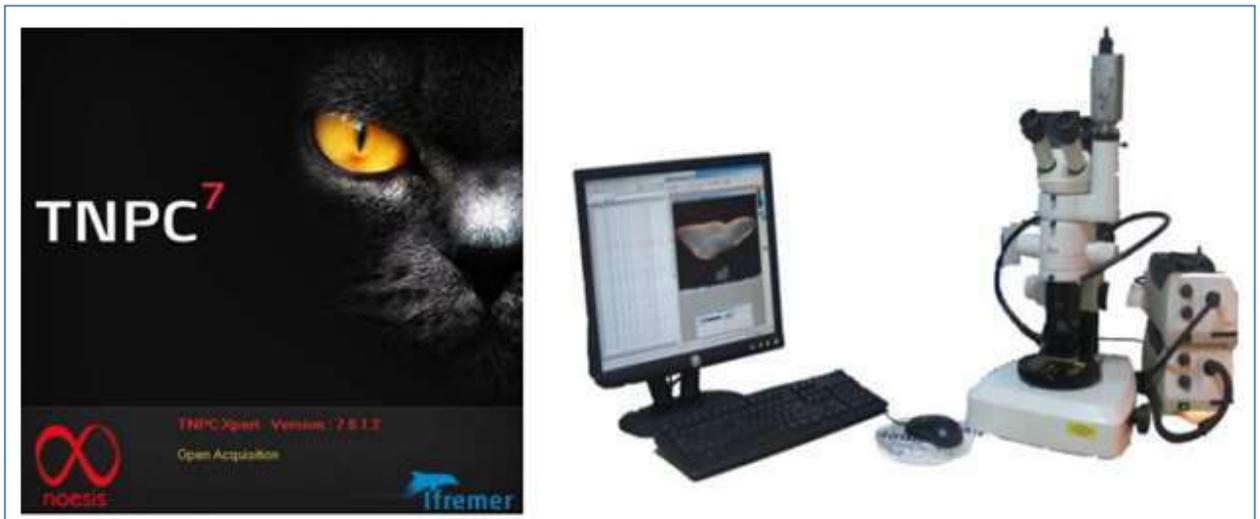


Figure 12. Dispositif d'observation utilisé pour l'analyse numérique des écailles du mérout *E. marginatus* et la badèche *E. costae* à partir du logiciel **TNPC 7** (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées).

Pour la notation de l'âge, nous nous sommes inspirés du travail de Man-Wai et Quignard (1984) qui considère qu'un poisson avec une marque d'arrêt de croissance sur l'écaïlle appartient à la classe d'âge 1. Cet anneau correspond généralement à la période de ralentissement de la croissance somatique. Bien évidemment, la connaissance de la date de capture et la période de reproduction sont nécessaires pour déterminer la date de formation et

d'apparition des anneaux d'arrêt de croissance (Gordoa *et al.*, 2000). La lecture de l'âge n'est validée qu'après la lecture de la même écaille par trois lecteurs qualifiés.

II.1.1.3. Relation longueur totale du poisson - rayon total de l'écaille.

Il existe une relation étroite d'allométrie entre la longueur totale du poisson (L_t) et le rayon de l'écaille (R), l'utilisation des écailles pour la détermination de l'âge est basée sur l'existence de cette relation. Les mesures scalimétriques doivent s'effectuer en respectant une direction standard où l'écaille ne présente aucune irrégularité. Pratiquement, ce sont les rayons plus que les diamètres qui sont utilisés ; l'axe de mesure varie selon les espèces. Dans notre cas, le rayon de l'écaille (r), exprimé en millimètres, est mesuré suivant l'axe antéro-médian au moyen d'un micromètre oculaire. Le coefficient de corrélation r liant le rayon de l'écaille et la taille du poisson est calculé. Par la méthode des moindres carrés, nous avons calculé l'équation de la droite représentative de l'ensemble des points à partir de 115 couples de données pour *E. marginatus* et 44 couples de données pour *E. costae*. L'équation est déterminée en utilisant l'expression suivante :

$$L_t = b R_t + a$$

Avec : L_t : longueur totale du poisson ;

R_t : rayon total de l'écaille du même poisson ;

a : ordonnée à l'origine de la droite de régression ;

b : pente de la droite de régression.

Une fois le rayon connu, le passage à la taille du poisson devient facile et inversement. Sur la base de cette relation, les tailles qu'avaient les poissons lors de la formation de chaque anneau sur l'écaille peuvent être rétro calculées.

II.1.1.4. Croissance rétrospective (rétrocalcul)

La croissance rétrospective permet en premier lieu de rechercher le passé écologique de l'animal et de définir ensuite, par la présence du poisson dans un biotope favorable ou défavorable, l'existence de strates ayant eu des croissances différentielles. On peut ainsi calculer par rétrocalcul une croissance globale descriptive ou comparative. Lea (1910)

suppose l'existence d'une relation linéaire entre la taille du poisson et le rayon de l'écaille. Si "ei" représente le rayon de l'écaille à l'époque i de formation de l'ième anneau hivernal, la taille du poisson atteinte à cette époque lui est reliée par l'expression :

$$L_i / e_i = L / E$$

d'où :

$$L_i = L \cdot e_i / E$$

La formule de Lee (1920), qui avait été légèrement modifiée par Francis (*in* Panfili *et al.*, 2002), a été retenue pour réaliser le calcul rétrospectif de la croissance linéaire. Ces auteurs stipulent que la relation entre la pièce minéralisée et la longueur du poisson est de la forme :

$$L_{ti} = \frac{(bR_n + a)}{(bR + a) L_c}$$

Avec :

L_{ti} : Longueur du poisson au moment de la formation de l'anneau i ;
 L_c : Longueur totale du poisson à la capture ; R_n : Rayon de l'écaille au nième anneau ; R : Rayon total de l'écaille
 a : Longueur du poisson à la formation de l'écaille (ordonnée à l'origine de la relation L_t en fonction de R) et b : Pente de la relation L_t en fonction de R .

II.1.2. Méthode indirecte

II.1.2.1. La méthode de Bhattacharya

Pour l'étude de l'âge des deux espèces étudiées, nous avons utilisé : La méthode de Bhattacharya (1967) suite aux recommandations du groupe de travail DYNPOP de la CIESM [Abella *et al.* (1995) ; Aldebert et Recasens (1995) ; Alemany et Oliver (1995)] et celles de Campana (2001). Cette méthode se base sur les distributions de fréquences de tailles. On regroupe les données de fréquences en classes de tailles d'égale amplitude « h » et de point

médiant « X ». On construit un graphique portant en ordonnée, pour chaque abscisse X, la quantité:

$$\Delta \log Z = \log Z(x+h) - \log Z(x)$$

$Z(x+h)$ et $Z(x)$ étant les effectifs de classe de point milieu « X + h » et « X ».

Sur le graphe, on recherche des points de droite à pente négative. Le nombre de droites obtenu, correspond au nombre de composantes autrement dites aux classes d'âges ou cohortes. Les moyennes de ces composantes, c'est à dire les tailles moyennes des différents âges, sont ensuite estimés par la formule suivante :

Avec :

$$L_{\text{moy}} = \lambda + (h/2)$$

h : intervalle de classe (amplitude) ;

λ : abscisse du point d'intersection de chaque composante avec l'axe des abscisses ; et

L_{moy} : taille moyenne de la composante (groupe d'âge).

Les conditions qui doivent être vérifiées avant d'appliquer cette méthode sont : la distribution ne doit pas comporter des classes vides et l'intervalle « h » doit être petit par rapport à chacun des écarts-types.

II.1.2.2. Calcul de précision (P)

Selon Sparre et Venema (1996), dans le cas d'un stock de poissons dans le milieu marin il est impossible de mesurer la valeur réelle de quelques paramètres que ce soit les tailles moyennes des âges (L_{moy}). Nous ne nous occuperons que de la fidélité de l'estimation de la taille moyenne, c'est-à-dire de l'écart probable (la précision P) entre l'estimation et la moyenne réelle. On exprime l'incertitude autour de la moyenne réelle par les limites de confiance. Les limites de confiance inférieures et supérieures sont respectivement obtenues au moyen des expressions suivantes :

$$L_{\text{moy}} - P \quad \text{et} \quad L_{\text{moy}} + P$$

$$P = (t * \text{s.d}) / \sqrt{N}$$

Avec : **s.d** : écart type ; **N** : effectifs, $t = 1.96$ pour $\alpha = 5\%$.

II.2. Etude de la croissance

La croissance d'un poisson peut être définie très simplement comme un changement de poids avec le temps qui est le résultat net de deux processus opposés : l'un augmentant le poids du corps (anabolisme), l'autre tendant à le diminuer (catabolisme) (Pauly et Moreau, 1997). La croissance consiste essentiellement à établir une relation entre une variable mesurable (taille ou poids) caractérisant un individu et l'âge de cet individu.

II.2.1. Croissance relative

La croissance d'un individu se traduit toujours par la croissance des différentes parties du corps qui le constituent. Certaines relations entre deux grandeurs mesurables du corps peuvent être formulées en équation, permettant ainsi d'exprimer la valeur d'un paramètre à partir de la mesure d'un autre. La croissance relative, nous permet d'aborder les phénomènes de croissance de partie du corps par rapport à l'ensemble du corps ou entre elles. Dans les travaux de biologie des pêches, les relations entre la longueur et le poids sont généralement exprimées sous la forme suivante :

$$W = a * L^b$$

Où, **W** désigne le poids, **L** la longueur, **a** le facteur de condition moyen et **b** un coefficient proche de 3.

Si **b** égale 3, la croissance est dite isométrique ; les deux variables **W** et **L** ont le même taux de croissance, le poids croît alors comme le cube de la taille du poisson,

Si **b** est inférieur à 3, l'allométrie est minorante ; le poids croît relativement moins vite que la longueur, **b** est supérieur à 3, l'allométrie est majorante ; le poids croît plus vite que la taille de l'individu.

II.2.2. Croissance linéaire

Le modèle le plus utilisé reste celui de Von Bertalanffy (1938). La croissance est considérée comme étant l'action simultanée de facteurs anaboliques (processus de synthèse, dont le taux, proportionnel aux surfaces absorbantes, tend à augmenter le poids), et de facteurs cataboliques (processus de dégradation, dont le taux, proportionnel au poids, tend à diminuer ce dernier). Ces deux facteurs interviennent continuellement et simultanément pendant toute l'existence de l'animal.

Ce modèle mathématique, exprime la longueur du poisson (L), en fonction de son âge (t) par la relation suivante :

$$L_t = L_\infty * [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Avec :

L_∞ : la longueur asymptotique. Théoriquement, c'est la taille moyenne qu'atteindrait un poisson qui pourrait vivre et grandir indéfiniment ;

K : le coefficient de croissance (ou paramètre de courbure). Il caractérise la rapidité avec laquelle le poisson croît vers la longueur asymptotique ; et

t_0 : l'âge théorique pour lequel le poisson a une longueur nulle.

La clé âge longueur obtenue par la méthode de Bhattacharya est une donnée d'entrée pour la détermination des paramètres de la croissance linéaire.

II.2.3. Croissance pondérale

A partir de la relation taille poids et en connaissant la longueur asymptotique, il est possible de calculer le poids asymptotique et d'établir l'équation de la croissance pondérale de Von Bertalanffy qui s'écrit sous la forme suivante :

$$W_t = W_\infty * (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

$$W_\infty = a * L_\infty^b$$

Avec : W_t est le poids à l'âge t ; W_∞ le poids asymptotique correspondant à la longueur L_∞ et b l'exposant de la relation taille-poids.

III. Détermination des paramètres d'exploitation

Quelques paramètres d'exploitation tels que les coefficients de mortalités, à savoir la mortalité totale, naturelle et par pêche seront calculés.

La partie précédente traitait de la croissance, i.e. des aspects positifs de la dynamique d'un stock de poissons. La présente partie traite de sa contrepartie négative, le processus de mort, ou mortalité. La manière la plus facile de décrire l'évolution de l'effectif d'un stock de

poissons consiste souvent à suivre le devenir des poissons éclos à peu près à la même époque, à savoir une cohorte (Sparre et Venema, 1996).

III.1. Mortalité totale (Z)

D'après une recherche bibliographique Il existe plusieurs méthodes pour évaluer le coefficient de la mortalité totale (Z), supposé constant pendant un certain intervalle d'âge ou d'année : nous en avons utilisé quelques méthodes.

III.1.1. La courbe des captures selon les longueurs

Cette méthode estime les probabilités de captures. Leurs calculs ne prennent pas en considération les oscillations saisonnières de croissance (FISAT II Gayanilo *et al.*, 2005). La courbe de capture selon les longueurs permet de contourner les difficultés associées à l'évaluation des âges car elle repose uniquement sur des distributions de fréquences, ce qui permet d'employer de très vastes échantillons et de ne pas connaître la clé âge longueur (Pauly, 1983 *in* Pauly et Moreau, 1997).

III.1.2. Méthode de Jones (1983)

Les logarithmes népériens des captures cumulées par le bas (nic) sont portés sur un graphique en fonction des logarithmes népériens de la différence ($L_{\infty} - L_i$). La distribution de fréquences de taille est utilisée avec un intervalle de classe constant.

L'équation de Jones s'écrit :

$$\ln(\text{nic}) = Z/K \ln(L_{\infty} - L_i) + b$$

Dans cette expression L_i représente la limite inférieure de la classe de rang i . Les paramètres de cette droite de pente Z/K , sont déduits du calcul de la régression linéaire.

III.1.3. Méthode de Beverton et Holt (1956) *in* (Gayanilo *et al.*, 2005)

Le coefficient instantané de mortalité totale Z est déterminé selon la formule suivante :

$$Z = K (L_{\infty} - L_{\text{mean}}) / (L_{\text{mean}} - L')$$

K est le coefficient de croissance du modèle de Von Bertalanffy ;

L_{∞} , la longueur asymptotique du modèle de Von Bertalanffy ;

L mean, la longueur moyenne du poisson traité dans la distribution de fréquence ;
 L' , la longueur minimale du poisson traité dans la distribution de fréquence ou plus petite limite des classes.

III.1.4. Méthode de Ault et Ehrhardt (1991, in FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005)

Le principe du calcul de Z est basé sur l'expression ci-dessous avec $L_{\max} < L_{\infty}$:

$$\frac{L_{\infty} - L_{\max} Z/K}{L_{\infty} - L' Z} = \frac{Z (L' - L_{\text{mean}}) + K (L_{\infty} - L_{\text{mean}})}{(L_{\max} - L_{\text{mean}}) + K (L_{\infty} - L_{\text{mean}})}$$

L_{\max} : longueur maximale du poisson traité dans la distribution de fréquence.

III.1.5. La méthode de Jones et van Zalinge (1981) in (Gayanilo *et al.*, 2005)

Cette méthode nous a permis l'estimation de la mortalité totale. La courbe cumulative de Jones et van Zalinge est une forme préliminaire de la courbe de capture si bien que ces deux méthodes partagent plusieurs hypothèses communes. La détermination de la mortalité totale est réalisée à partir de la distribution de fréquence de taille, en traçant la droite des effectifs cumulés. La pente est égale à Z/K , connaissant K , le coefficient de mortalité totale instantané est alors déterminé. L'équation est la suivante :

$$\ln (C (L_i, L_{\infty})) = a + Z/K \ln (L_{\infty} - L_i)$$

$C (L_i, L_{\infty})$: captures cumulatives dont la taille est comprise entre une longueur donnée (L_i) et la longueur asymptotique ;

L_i : Limite inférieure de la classe de taille (i) ;

Z : Coefficient de mortalité totale.

III.2. La mortalité naturelle (M)

Dans les études de stocks de poisson, la mortalité naturelle (M) est le paramètre le plus difficile à évaluer (Gayanilo *et al.*, 2002). Pour son estimation, différentes méthodes basées sur des équations empiriques existent : Taylor (1959), Rikhter et Efanov (1976), Algaraja (1984), Pauly (1980), Longhurst et Pauly (1987, *in* Stergiou et Papaconstantinou, 1993) et Djabali *et al.* (1993). Nous avons utilisé la première approximation de M et les trois dernières qui tiennent compte des paramètres de croissance de l'espèce étudiée et de la température moyenne des eaux fréquentées par le poisson au moment de sa capture.

III.2.1. Méthode de Taylor (1959 *in* Ghorbel *et al.*, 1997)

En partant des paramètres de croissance de Von Bertalanffy (K et t_0), cette méthode peut donner une estimation du coefficient de mortalité naturelle (M).

La formule utilisée est la suivante :

$$M = 2.996 K / (2.996 + K t_0)$$

III.2.2. Méthode de Pauly (1980)

Pauly, se basant sur quelques observations d'autres auteurs, montre que la mortalité diffère selon la taille des poissons. Ceux de petites tailles ont une mortalité plus élevée que ceux de grandes tailles. L'expression de Pauly lie le coefficient de mortalité naturelle (M) à L_∞ , K et T° ; elle est établie sur la base de 175 stocks de poissons tropicaux dont cinq espèces vivent en Méditerranée.

La relation proposée par Pauly (1980) pour la détermination de M est largement utilisée. On peut citer les travaux de Nouar (2003) sur un poisson de la famille des Scorpaenidae (*Helicolenus Helicolenus dactylopterus*) en Algérie et beaucoup d'autres travaux. Elle est de la forme :

$$\text{Log}_{10} M = - 0,0066 - 0,279 \text{Log}_{10} L_\infty + 0,6543 \text{Log}_{10} K + 0,4634 \text{Log}_{10} T^\circ$$

Avec :

L_∞ : représente la longueur totale asymptotique exprimée en centimètre ;

K : Coefficient de croissance (an^{-1}) ;

T° : température moyenne annuelle du milieu en degrés Celsius ($T^\circ=15.5^\circ\text{C}$ environ à 100 m de profondeur, cf.,).

Si au lieu d'utiliser L_∞ , on utilise le poids asymptotique (W_∞ , exprimé en gramme), la relation devient alors (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005) :

$$\text{Log}_{10} M = - 0,2107 - 0,0824 \text{Log}_{10} W_\infty + 0,6757 \text{Log}_{10} K + 0,4687 \text{Log}_{10} T^\circ$$

III.2.3. Méthode de Longhurst et Pauly (1987, *in* Stergiou et Papaconstantinou, 1993)

Longhurst et Pauly (1987, *in* Stergiou et Papaconstantinou, 1993) développent une régression empirique décrivant la mortalité naturelle (M) à l'aide d'une fonction reliant la température de l'eau et les paramètres de croissance de Von Bertalanffy. La régression est établie à partir de 175 stocks de 84 espèces de poisson et les valeurs de L_∞ et K vont respectivement de 2 à 1226 cm et de 0.045 à 4.92 an^{-1} . La température de l'eau (T°) varie de 3 à 30°C. L'équation est de forme :

$$\text{Ln} (M/K) = - 0.22 + 0.30 \text{Ln} (T^\circ)$$

III.2.4. Méthode de Djabali *et al.* (1994)

L'équation de Djabali *et al.* (1994), déduite de régressions linéaires multiples, est basée sur les paramètres de croissance et de mortalité de 56 stocks de poissons vivants en Méditerranée :

$$\text{Log}_{10} M = - 0,0278 - 0,1172 \text{Log}_{10} L_\infty + 0,5092 \text{Log}_{10} K$$

III.3. La mortalité par pêche (F)

Connaissant les valeurs de Z et M , la détermination du coefficient de mortalité par pêche (F) s'effectue à partir de la relation :

$$F = Z - M$$

Avec :

Z : coefficient de la mortalité totale ;

M : coefficient de la mortalité naturelle.

IV. Analyse virologique

Au total 12 individus d'*E. marginatus* et 05 individus d'*E. costae* ne présentant pas de signes cliniques ont été collectés dans différentes régions de la côte algérienne (Fig. 11) entre juillet 2019 et octobre 2019. Un seul individu d'*E. marginatus* a été collecté le 20 septembre 2017 au niveau du Cap blanc (Oran) (Fig. 11). Ce spécimen a été trouvé en état d'agonie avec plusieurs individus. La période d'échantillonnage a été choisie selon le facteur température (généralement élevée), qui est l'un des principales causes de l'activation et la propagation du betanodavirus et l'apparition de l'épidémie virale (VER) (Le Breton *et al.*, 1997, Munday *et al.*, 2002, Vendarmin *et al.*, 2013, Toffan *et al.*, 2016).

IV.1. Nécropsies

Après examen nécrosique des 22 individus échantillonnés, les yeux et les cerveaux des 16 individus d'*E. marginatus* et d'*E. costae* ont été prélevés directement après la collecte et ont été fixés au formol (10%). Les 06 individus restants ont été congelés (01 individu d'*E. marginatus* collecté en 2017 dans la baie d'Oran, 01 individu d'*E. costae* collecté dans la baie de Collo en octobre 2019] (Fig. 11). Tous ces échantillons (yeux et cerveaux fixés et individus congelés) ont été transportés au laboratoire de l'Institut Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Italie) en vue d'une analyse histopathologique et immunohistochimique. La température de l'eau a été obtenue par plongée libre (apnée) par les chasseurs sous-marins en utilisant une Montre Ordinateur d'apnée Seac Sub Partner.

IV.2. Histopathologie et immunohistochimie (IHC)

Au laboratoire, les yeux et les cerveaux des 06 individus congelés ont été soigneusement prélevés et fixés au RNA later. Ces échantillons ont été rajoutés au 16 (yeux et cerveau) qui ont été fixés auparavant dans le formol (10%) pour un examen histopathologique et immunohistochimique (IHC). Tous ces échantillons ont été déshydratés à travers une série d'éthanol xylène gradué et incorporés dans de la paraffine. Des coupes de 3µm ont d'abord été déparaffinées, réhydratées à l'aide d'éthanol : 95°, 70°, 50°, puis colorées avec de l'hématoxyline-éosine (H&E) de Mayer pour des analyses morphologiques et immunohistochimiques. L'IHC a été effectuée automatiquement depuis le dé-cirage jusqu'à la contre coloration à l'aide d'un instrument BenchMark Ultra (Roche). La récupération de

L'antigène a été réalisée par incubation dans l'enzyme Protéase 2 (Roche), tandis que les sites d'anticorps non spécifique ont été bloqués par la peroxydase endogène en incubant les lames pendant 10 minutes dans une solution d'antiperoxydase (Dako) à une température ambiante (RT). Entre chaque réactif, les lames ont été lavées avec une solution saline tamponnée Tris Buffered Saline + Tween 20 (TBTS). L'IHC a été réalisée avec un sérum polyclonal du lapin contre le génotype du virus red-spotted grouper nervous necrosis (RGNNV) produit en interne (PAb 283) (Panzarin *et al.*, 2016), à une dilution de 1: 5000 pendant 1 heure à température ambiante. Les échantillons, ont été incubés avec un kit de coloration Ultra View Red (Roche) basé sur un anticorps secondaire conjugué à de la phosphatase alcaline réagissant avec un substrat chromogène Fast Red. Les lames ont été ensuite contre-colorées avec de l'hématoxyline de Harris pendant 30 secondes et montées dans du glycérol-gélatine. La présence d'antigènes de betanodavirus a été caractérisée par des immunoprécipités rouge vif. Toutes les analyses immunohistochimiques doivent inclure une section témoin positive et négative.

IV.3. Isolement du virus (betanodavirus)

L'isolation du virus betanodavirus a été réalisée selon la méthode (Virus Isolation in Cells/OIE Manual for Aquatic Animals Cap. 2.3.12,2019). L'isolation des virus du genre betanodavirus a été effectuée sur deux lignées cellulaires de poissons : la lignée cellulaire SSN-1 dérivée de la tête de serpent rayée (Frerichs *et al.*, 1996) et une lignée cellulaire clonée (E-11) dérivé du SSN-1 lui-même (Iwamoto *et al.*, 2000). Ces deux cellules sont utiles pour les analyses qualitatives et quantitatives de tous les betanodavirus. L'isolation a été faite seulement sur les individus transportés congelés au laboratoire de l'Institut Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Italie) (un (01) individu d'*E. costae*, un (01) individu du mérou brun (*E. marginatus*).

IV.4. Extraction d'ARN, Séquençage Sanger RT-PCR

L'ARN total a été extrait du tissu cérébral d'*E. marginatus* et d'*E. costae* en utilisant un ARNeasy mini kit (50) de virus à ARN (QIAGEN) à l'IZSVE. Soit 150 µl de surnageant de pool d'organes (cerveau et yeux) broyés dans du PBS froid (10%, p/v) et centrifugés pendant 3 min à 5000 × g]. Les ARN ont été remis en suspension dans 50 µl d'eau traitée au diéthyl pyrocarbonate (DEPC). L'ARN extrait des organes a été quantifié avec un Nanodrop (Thermo Scientific) et dilué à 100 ng / l pour les tests RT-PCR (Baud *et al.*, 2015). Le protocole décrit

par Baud *et al.* (2015) a été suivie à l'IZSVe avec un CFX96 (BIORAD) : 30 min à 50 °C, puis 15 min à 95 °C et 40 cycles de dénaturation / extension pendant 15 s à 94 °C et 60 s à 60°C.

IV.5. Analyse phylogénétique

Les données de séquence de RNA1 et RNA2 ont été assemblées et éditées en utilisant le logiciel SeqScape v3.0 (Applied Biosystems). Le consensus des séquences ont ensuite été alignées et comparées aux séquences de nucléotides de référence disponibles dans GenBank en utilisant le package MEGA 7.0 (Kumar *et al.*, 2016). Pour chaque ensemble de données, un arbre phylogénétique à probabilité maximale (ML) a été déduit à l'aide du programme IQ-Tree v1.6.9 (Nguyen *et al.*, 2015). Le modèle le mieux adapté de substitution de nucléotides a été déterminé avec Model Finder (Kalyaanamoorthy *et al.*, 2017). Cinq cents répétitions bootstrap rapides ont été effectuées pour évaluer la robustesse des nœuds individuels de la phylogénie, et seules les valeurs $\geq 70\%$ ont été considérées comme significatives. Les arbres phylogénétiques ont été visualisés avec le programme Fig Tree v1.4.2 (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

I.1. La scalimétrie (étude de l'âge par la méthode directe)

Les écailles prélevées sur le mérou brun (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) sont cténoïdes et grossièrement quadrangulaires (Fig. 13). Sur des totaux de 134 et 65 écailles utilisées, l'âge a été déterminé avec succès pour 115 écailles (86 %) d'*E. marginatus* (tous sexes confondus) et 44 écailles (68 %) d'*E. costae*. Quelques écailles n'ont pas été considérées dans les calculs (19 écailles d'*E. marginatus* et 21 écailles d'*E. costae*), étant qu'elles sont illisibles (présence de cal ou de faux anneaux).

La longueur totale de l'échantillon du mérou brun (*E. marginatus*) était comprise entre 32,5 et 83 cm tous sexes confondus, tandis que la longueur totale de la badèche (*E. costae*) varie entre 28.1 et 74 cm. En général, on n'a pas trouvé des difficultés dans la détermination des anneaux d'arrêt de croissance des écailles des deux espèces étudiées, le mérou brun (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) ; les écailles de ces derniers sont lisibles.

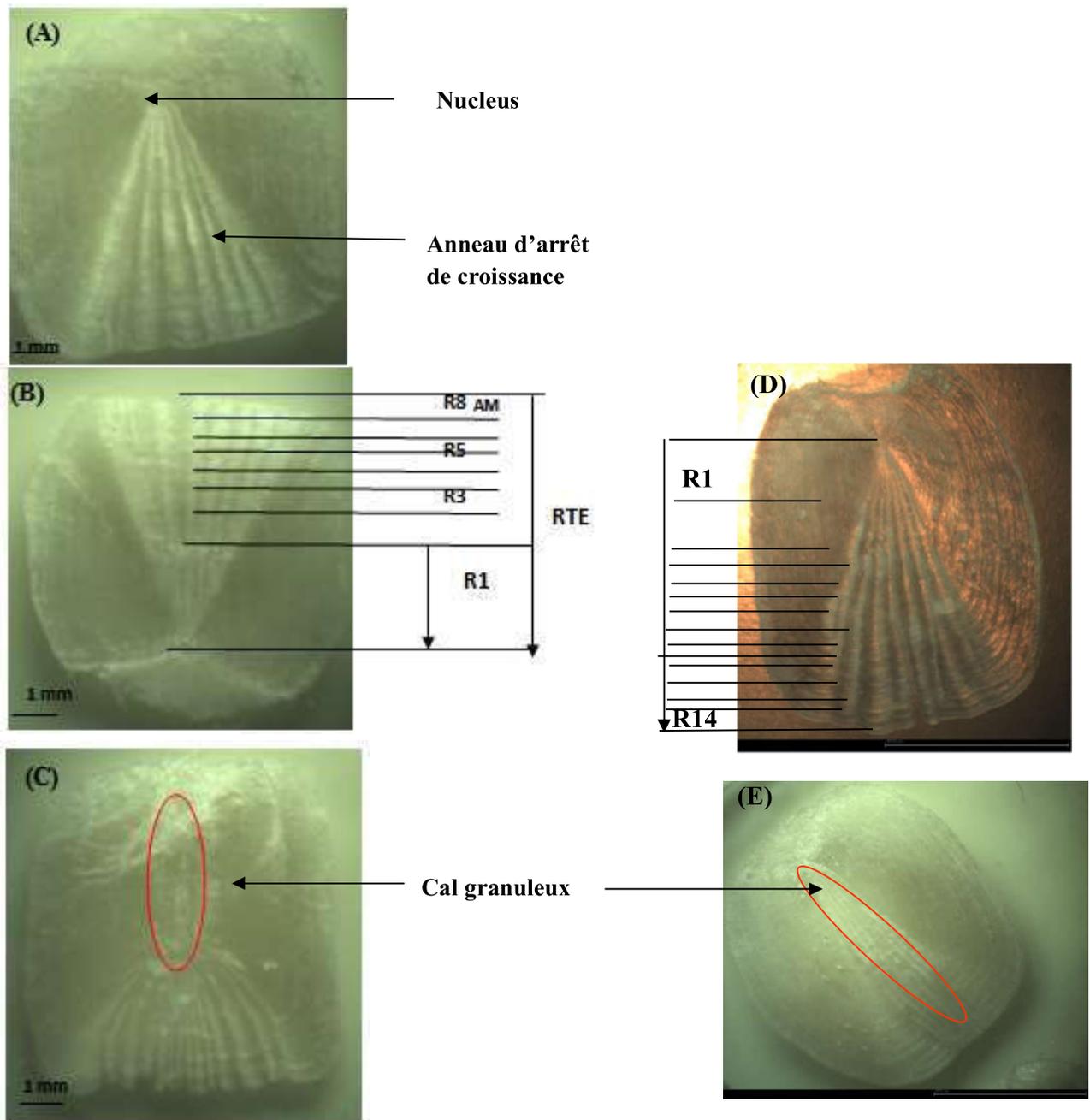


Figure 13. Exemple des écailles du mérrou et de la badèche ; **A** : le noyau d'une écaille et l'anneau d'arrêt de croissance. **B** : Écailles d'*Epinephelus costae* des côtes Algériennes âgée de 8 ans, avec les mesures de l'accroissement marginal (AM) ; R1, R2...R8. **C** et **E** : écailles régénérées ; **D** : écailles d'*Epinephelus marginatus* âgée de 14 ans avec les mesures de l'accroissement marginal (AM) ; R1, R2...R14.

I.1.1. Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon de l'écaïlle

Il existe une bonne corrélation entre la taille du poisson (L_t) et le rayon de son écaïlle (R_{te}), qui nous a permis d'effectuer une relation qui relie ces deux paramètres. Les équations exprimant une relation linéaire entre la longueur totale (L_t) et le rayon de l'écaïlle (R_{te}) chez *E. marginatus* et *E. costae* sont respectivement (Fig.12) :

E. marginatus : $L_t = 9,76 R_t - 4,80$ (mm) ($r = 0,94$; $p \leq 0,001$) et

E. costae: $L_t = 5,518 R_t + 16,48$ (mm) ($r = 0,67$; $p \leq 0,001$)

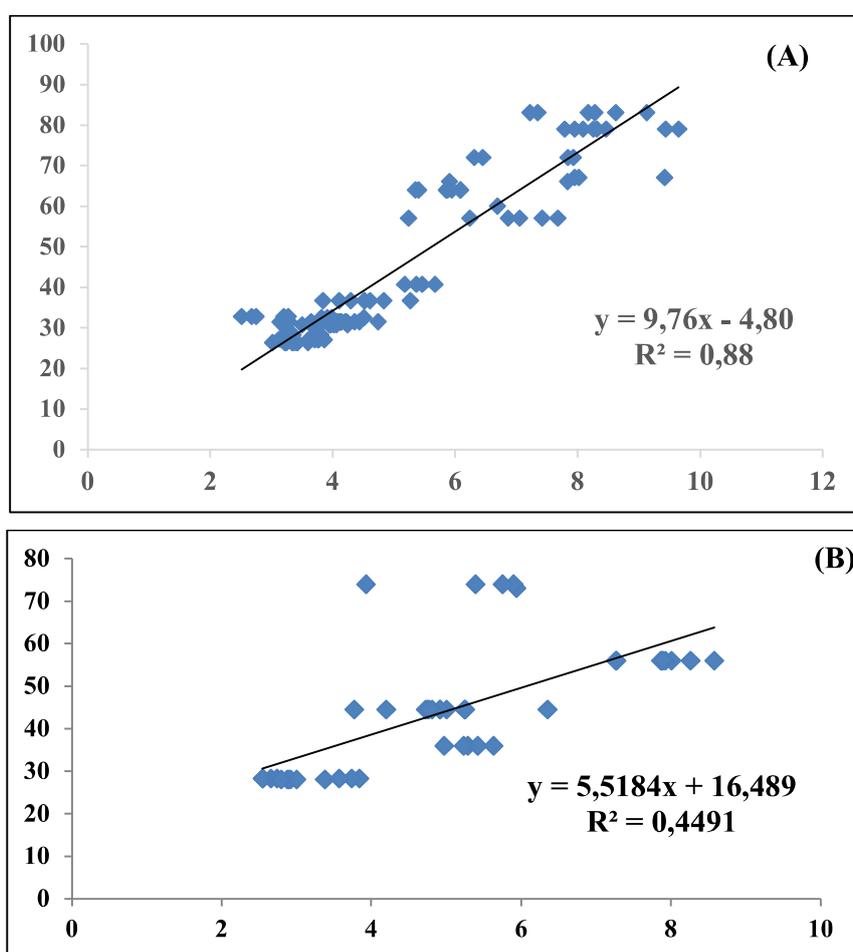


Figure 14. Relation longueur totale-rayon de l'écaïlle des deux espèces étudiées ; (A) : *E. marginatus* et (B) : *E. costae*.

I.1.2. Calcul des tailles moyennes aux différents âges (rétro-calcul)

Sur les écailles examinées 115 écailles pour *E. marginatus*, et 44 écailles pour *E. costae*. La détermination des âges individuels des poissons à partir de la lecture directe des écailles des deux espèces, nous a permis d'établir des clés âge-longueurs pour la population totale d'*E. marginatus* (Tab. 6) et la population totale d'*E. costae* (Tab. 7). Les poissons mesurés sont répartis en classes de tailles de 3cm d'intervalle. Ces données traduisent l'allure générale de la distribution des tailles pour un âge déterminé et indiquent leurs valeurs extrêmes pour chaque âge. Les tableaux 6 et 7 résument les résultats des longueurs moyennes rétrocalculées pour chaque âge chez la population totale d'*E. marginatus* et la population totale d'*E. costae*. La comparaison statistique des longueurs totales observées avec celles rétrocalculées déterminées à partir des écailles a montré qu'il n'y avait pas des différences significatives entre ces longueurs pour la population totale d'*E. marginatus* et d'*E. costae* (Tab. 6 ; Tab. 7). L'âge des mérus échantillonnés est compris entre 1 et 14 ans, avec une prédominance des classes d'âge de 4 et 5 ans pour la population totale. L'âge des badèches échantillonnées est compris entre 3 et 13 ans, avec une prédominance des classes d'âge intermédiaires (4 - 7 ans) pour la population totale et l'absence des deux groupes d'âge dans notre échantillon ; il s'agit des groupes d'âge 8 et 12. L'âge maximal déterminé chez la population totale d'*E. marginatus* est de 14 ans et de 13 ans pour la badèche (*E. costae*).

Tableau 6. Taille (Lto en cm) observée et taille calculée rétrospectivement (Ltc) pour *E. marginatus* des côtes algériennes.

| Age | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XIII | XIV | |
|----------|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lt o | | | 30,7 | 38,2 | 45,58 | 51,93 | 57,39 | 62,05 | 65,59 | 68,3 | 70,11 | 71,91 | 75,33 | 82,00 | Lt c |
| Lt1 | | | 16,34 | 15,55 | 14,48 | 13,44 | 25,01 | 21,35 | 27,42 | 27,304 | 22,38 | 29,52 | 27,62 | 25,90 | 22,19 |
| Lt2 | | | 26,31 | 22,86 | 20,81 | 18,31 | 33,13 | 29,65 | 34,93 | 35,361 | 29,52 | 38,98 | 34,66 | 35,47 | 30,00 |
| Lt3 | | | 30,7 | 28,50 | 26,11 | 23,02 | 40,93 | 35,90 | 40,89 | 42,007 | 35,56 | 46,08 | 40,39 | 41,06 | 35,93 |
| Lt4 | | | | 31,20 | 30,24 | 28,08 | 48,40 | 45,34 | 45,81 | 47,400 | 39,61 | 53,21 | 45,92 | 45,78 | 41,91 |
| Lt5 | | | | | 32,23 | 32,44 | 53,98 | 50,91 | 50,34 | 52,103 | 43,14 | 57,90 | 50,10 | 50,16 | 47,33 |
| Lt6 | | | | | | 35,26 | 59,16 | 55,63 | 54,69 | 56,202 | 46,91 | 57,67 | 54,11 | 53,12 | 52,53 |
| Lt7 | | | | | | | 64,00 | 59,58 | 58,40 | 60,204 | 49,98 | 64,43 | 57,16 | 56,12 | 58,73 |
| Lt8 | | | | | | | | 62,00 | 62,00 | 64,084 | 53,55 | 66,70 | 60,56 | 58,84 | 61,11 |
| Lt9 | | | | | | | | | 64,71 | 67,727 | 57,22 | 69,64 | 63,45 | 62,00 | 64,13 |
| Lt10 | | | | | | | | | | 72,273 | 60,85 | 72,12 | 65,84 | 64,73 | 67,16 |
| Lt11 | | | | | | | | | | | 68,50 | 74,75 | 68,33 | 67,42 | 69,75 |
| Lt12 | | | | | | | | | | | | 76,67 | 70,78 | 70,33 | 72,59 |
| Lt13 | | | | | | | | | | | | | 73,50 | 73,06 | 73,28 |
| Lt14 | | | | | | | | | | | | | | 76,67 | 76,67 |
| Effectif | | | 5 | 41 | 24 | 8 | 1 | 2 | 7 | 11 | 6 | 3 | 4 | 3 | 115 |

Tableau 7. Tailles (Lt en cm) observées et tailles calculées rétrospectivement pour la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes.

| Groupe d'âge | I | II | III | IV | V | VI | VII | IX | X | XI | XIII | |
|---------------|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Lt o | | | 26.1 | 28.18 | 36.27 | 43.56 | 49.72 | 66.12 | 68.15 | 72 | 74 | Lt c |
| Lt1 | | | 23.67 | 22.45 | 25.34 | 30.44 | 31.08 | 44.75 | 45.112 | 51.26 | 46.94 | 23.82 |
| Lt2 | | | 26.42 | 25.18 | 29.41 | 34.21 | 35.75 | 50.40 | 52.850 | 55.52 | 52.60 | 30.19 |
| Lt3 | | | 28.20 | 27.44 | 32.64 | 36.96 | 39.09 | 54.62 | 57.541 | 57.59 | 57.43 | 36.49 |
| Lt4 | | | | 28.18 | 35.13 | 39.35 | 42.24 | 58.22 | 60.783 | 59.47 | 60.50 | 40.62 |
| Lt5 | | | | | 36.27 | 41.68 | 45.12 | 60.56 | 63.198 | 61.53 | 62.74 | 45.91 |
| Lt6 | | | | | | 43.58 | 47.90 | 62.90 | 65.315 | 63.60 | 63.56 | 51.46 |
| Lt7 | | | | | | | 49.72 | 65.69 | 67.586 | 66.17 | 65.04 | 57.71 |
| Lt8 | | | | | | | | 68.83 | 70.013 | 68.05 | 66.16 | 68.26 |
| Lt9 | | | | | | | | 73.00 | 72.834 | 69.93 | 67.10 | 70.72 |
| Lt10 | | | | | | | | | 74.000 | 71.81 | 68.93 | 71.58 |
| Lt11 | | | | | | | | | | 74.00 | 70.70 | 72.35 |
| Lt13 | | | | | | | | | | | 74.00 | 74.00 |
| Effectifs (N) | | | 4 | 7 | 6 | 6 | 16 | 1 | 2 | 1 | 1 | 44 |

I.2. Méthode indirecte (Méthode de Bhattacharya)

A partir de la distribution de fréquences de taille (Tab. 8, Fig. 15), on a constaté ce qui suit : la taille des individus du mérrou brun (*E. marginatus*) est comprise entre 18.5 et 84.5 cm, avec une taille moyenne de l'échantillon de $49 \pm 1,02$ cm ; les plus petits et les plus grands poissons sont les moins représentés ; les poissons les plus pêchés et mieux représentés s'échelonnent entre 27 et 33 cm. Ils ont pour mode une taille de 33.5 cm.

Tableau 8. Distribution de fréquence de taille, du mérrou brun (*E. marginatus*) et de la badèche (*E. costae*) dans la côte algérienne.

| Le mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) | | La badèche (<i>E. costae</i>) | |
|----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
| CC (cm) | N (effectif) | CC (cm) | N (effectif) |
| 18.5 | 2 | 22 | 1 |
| 21.5 | 1 | 24 | 1 |
| 24.5 | 1 | 26 | 1 |
| 27.5 | 10 | 28 | 11 |
| 30.5 | 12 | 30 | 7 |
| 33.5 | 14 | 32 | 10 |
| 36.5 | 9 | 34 | 7 |
| 39.5 | 6 | 36 | 5 |
| 42.5 | 4 | 38 | 6 |
| 45.5 | 3 | 40 | 2 |
| 48.5 | 1 | 42 | 4 |
| 51.5 | 1 | 44 | 3 |
| 54.5 | 2 | 46 | 2 |
| 57.5 | 6 | 48 | 4 |
| 60.5 | 12 | 50 | 2 |
| 63.5 | 10 | 52 | 1 |
| 66.5 | 8 | 54 | 5 |
| 69.5 | 4 | 56 | 2 |
| 72.5 | 5 | 58 | 7 |
| 75.5 | 2 | 60 | 6 |
| 78.5 | 1 | 62 | 4 |
| 81.5 | 3 | 64 | 4 |
| 84.5 | 3 | 66 | 3 |
| | | 68 | 4 |
| | | 70 | 2 |
| | | 72 | 2 |
| | | 74 | 3 |
| Total | 144 | Total | 109 |
| Lt moy (taille moyenne en cm) | 49.00 | Lt moy (taille moyenne en cm) | 45.87 |

La figure 15 décrit la distribution fréquence de taille durant la période d'étude, du mérrou brun (*E. marginatus*) de côtes algériennes.

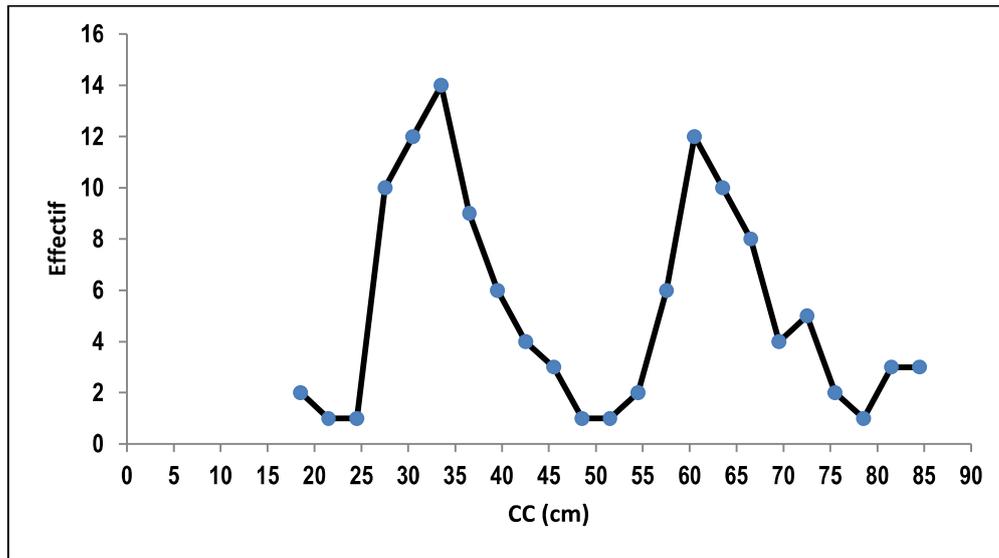


Figure 15. Polygone de la distribution fréquence de taille du mérrou brun (*E. marginatus*) de la côte algérienne.

La figure 16 décrit la distribution fréquence de taille durant la période d'étude, de la badèche *E. costae* de la côte algérienne. A partir de la distribution de fréquences de taille (Tab. 8, Fig. 16), on a constaté ce qui suit : la taille des individus de la badèche (*E. costae*) est comprise entre 22 et 74. cm, avec une taille moyenne de l'échantillon de $45.87 \pm 1,02$ cm ; l'échantillon de la badèche *E. costae* est plus au moins homogène, toutes les classes de tailles sont représentés par des effectifs très proche ; les poissons les plus pêchés et mieux représentés s'échelonnent entre 28 et 34 cm. Ils ont pour mode une taille de 33.5 cm.

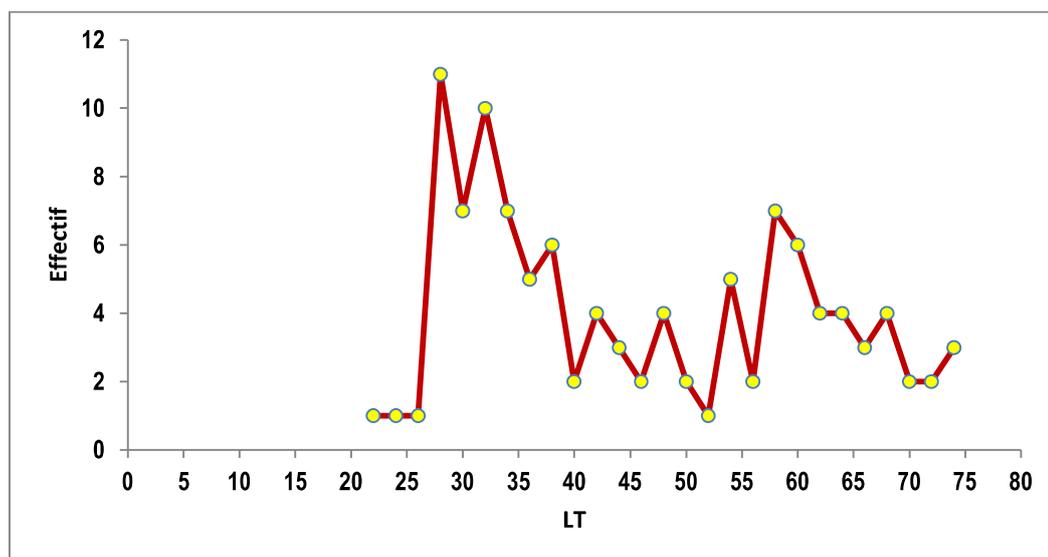


Figure 16. Polygone de la distribution fréquence de taille de la badèche (*E. costae*) de la côte algérienne.

La présentation graphique de la distribution fréquences/tailles (Tab.6) est sous forme d'un polygone (Fig. 16), avec sept pics correspondant à des sous populations ou classes d'âge. L'application de la méthode de Bhattacharya (1967) par le FISAT II 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005), nous a permis d'obtenir les résultats consignés dans le tableau 9 et la figure 17.

Tableau 9. Clé âge longueur du mérrou brun (*E. marginatus*) des côtes algériennes (FISAT 1.2.0, Gayanilo *et al.*, 2005).

| Groupe d'âge | La taille moyenne (cm) (pour $\alpha = 5\%$) | Ni | s.d | S.I. |
|--------------|-----------------------------------------------|----|-------|-------|
| 1 | 17.00 ± 5.36 | 3 | 3.600 | n.a |
| 2 | 31.95 ± 0.53 | 40 | 1.720 | 5.620 |
| 3 | 36.55 ± 4.61 | 15 | 6.920 | 1.070 |
| 4 | 60.69 ± 1.18 | 30 | 3.310 | 4.720 |
| 5 | 71.19 ± 2.12 | 9 | 2.470 | 3.630 |
| 6 | 83.00 ± 3.99 | 5 | 3.460 | 3.980 |

Ni : effectif de la cohorte ; r^2 : coefficient de corrélation ; s.d: écart type ; S.I. : indice de séparation qui doit être > 2.

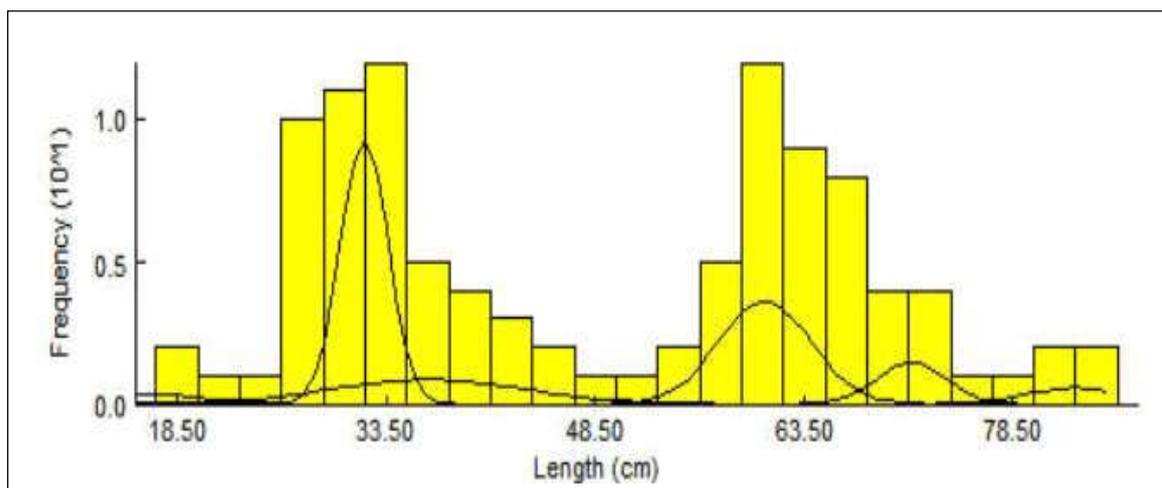


Figure 17. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles du mérrou brun (*E. marginatus*) tous sexes confondus par la méthode de Bhattacharya (1967) (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

La clé âge longueur (Tab.10) obtenue par la méthode indirecte de Bhattacharya (1967) met en évidence dix groupes d'âge du stock de la badèche exploité dans les côtes algériennes, l'âge d'un an a été attribué à la première cohorte avec un âge maximum de dix ans.

Tableau 10. Clé âge longueur de la badèche (*E. costae*) obtenu à partir de la méthode indirecte (Bhattacharya ,1967) exploité dans des côtes algériennes. λ : l'intersection des droite à pente négative avec l'axe des abscisse, Lmoy : la longueur moyenne.

| Groupe d'âge | λ | Lmoy |
|--------------|-----------|-------|
| 1 | 27.70 | 28.70 |
| 2 | 31.04 | 32.04 |
| 3 | 36.30 | 37.30 |
| 4 | 42.08 | 43.08 |
| 5 | 47.00 | 48.00 |
| 6 | 53.30 | 54.30 |
| 7 | 57.07 | 58.07 |
| 8 | 62.36 | 63.36 |
| 9 | 66.63 | 67.63 |
| 10 | 72.54 | 73.54 |

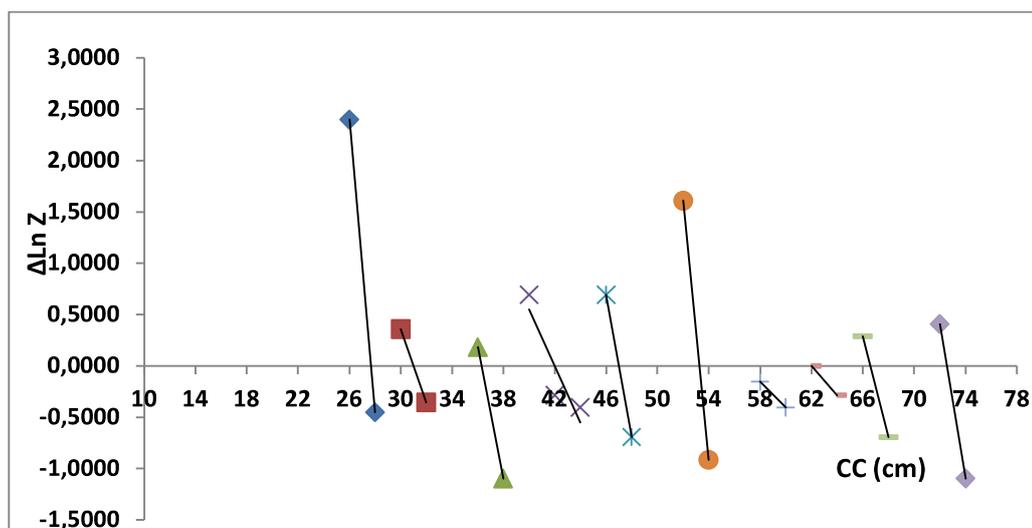


Figure 18. Décomposition de la distribution de fréquences de tailles de la badèche (*E. costae*) en cohortes par la méthode de Bhattacharya.

I.3. Croissances

I.3.1. Croissance linéaire

Les couples de données âge-longueur obtenues par la méthode de Bhattacharya et par la lecture directe des écailles (scalimétrie) ont été introduits dans le programme FISAT II (1.2.0) (Gayanilo *et al.*, 2005) pour le calcul des paramètres de l'équation de croissance de Von Bertalanffy. Les paramètres de croissance L_{∞} , K et t_0 calculés ainsi que les équations correspondantes pour *E. marginatus* sont regroupés dans le tableau 11.

Le tableau 11 ci-dessus récapitule Les paramètres de croissance linéaire de l'équation de Von Bertalanffy (1938) calculés à partir de la clé âge longueurs par le (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

Tableau 11. Paramètres de croissance linéaire de Von Bertalanffy (1938) du mérrou brun (*E. marginatus*) (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

| Espèce | Paramètres | | |
|----------------------|-------------------|----------|------------|
| | L_{∞} (cm) | K / an | t_0 (an) |
| <i>E. marginatus</i> | 166.00 | 0.11 | 0 |

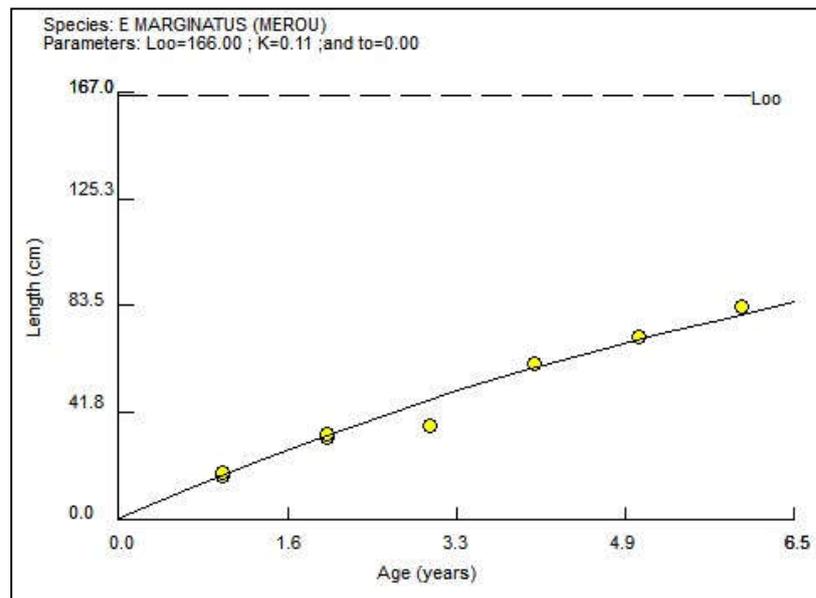


Figure 19. Courbe de croissance linéaire obtenue par l'équation de Von Bertalanffy du mériau brun (*E. marginatus*) des côtes algériennes.

Nous avons opté pour les paramètres obtenus par l'analyse de la clé âge-longueur de la méthode de Bhattacharya pour la suite de l'étude. Ce choix se justifie par le fait que la longueur asymptotique (L_{∞}) calculée par l'analyse des structures d'âge de la scalimétrie est inférieure à la longueur maximale observée (Tab.12). L'équation de croissance linéaire d *E. marginatus* des côtes algériennes s'écrit alors :

$$L_t = 166.00 (1 - e^{-0.11(t)})$$

L'équation de croissance linéaire de la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes s'écrit alors :

$$L_t = 77.99 (1 - e^{-0.14(t+0.94)})$$

Tableau 12. Paramètres de croissance obtenus par analyse de structures d'âge de la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes.

| L_{∞} (cm) | Z/K | K (an ⁻¹) | t ₀ |
|-------------------|------|-----------------------|----------------|
| 77.99 | 1.84 | 0.14 | -0.94 |

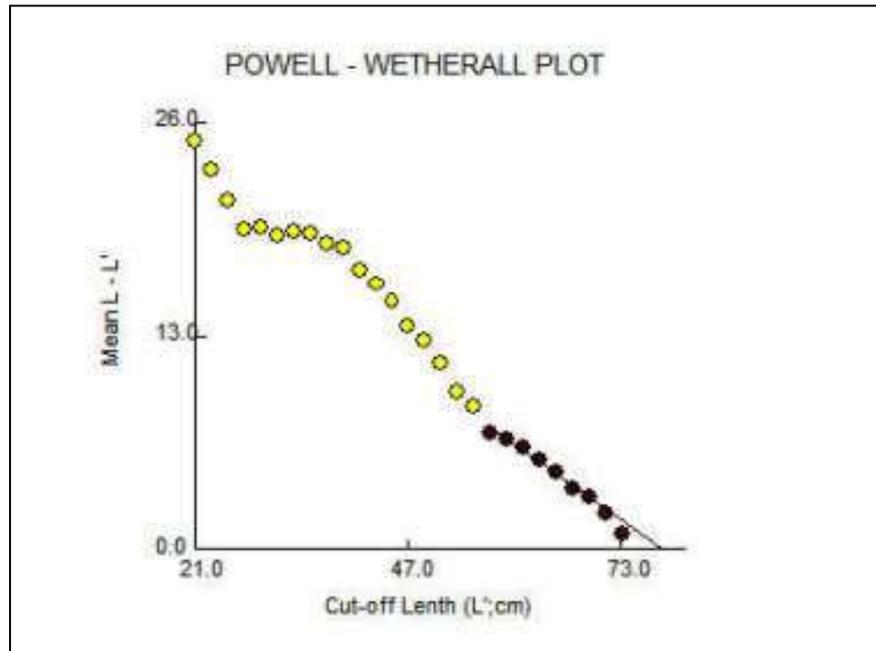


Figure 20. Estimation des paramètres de la croissance linéaire d'*E. costae* par la méthode de Powell–Wetherall (FISAT 1.2.0. Gayanilo *et al.*, 2005).

I.3.2. Croissance relative

Le tableau 13 résume les poids moyens pour chaque classe de taille du mérrou brun (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) exploité dans les côtes Algériennes.

Tableau 13. Répartition des poids moyens par classe de taille des deux espèces étudiées.

| Le mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) | | La badèche (<i>E. costae</i>) | |
|-----------------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| Cc (cm) | W _T (g) | Cc (cm) | W _T (g) |
| 18.5 | 67 | 22 | 114 |
| 21.5 | 114 | 24 | 140 |
| 24.5 | 124 | 26 | 213 |
| 27.5 | 283 | 28 | 256 |
| 30.5 | 363 | 30 | 315 |
| 33.5 | 464 | 32 | 385 |
| 36.5 | 680 | 34 | 458 |
| 39.5 | 781 | 36 | 584 |
| 42.5 | 956 | 38 | 648 |
| 45.5 | 1263 | 40 | 738 |
| 48.5 | 1611 | 42 | 818 |
| 51.5 | 1980 | 44 | 1001 |
| 54.5 | 2288 | 46 | 1144 |
| 57.5 | 2625 | 48 | 1465 |
| 60.5 | 3216 | 50 | 1580 |
| 63.5 | 3745 | 52 | 1680 |
| 66.5 | 4135 | 54 | 1924 |
| 69.5 | 4844 | 56 | 1952 |
| 72.5 | 5762 | 58 | 2217 |
| 75.5 | 6038 | 60 | 2575 |
| 78.5 | 7100 | 62 | 2835 |
| 81.5 | 7669 | 64 | 3028 |
| 84.5 | 8270 | 66 | 3253 |
| | | 68 | 3605 |
| | | 70 | 3938 |
| | | 72 | 4260 |
| | | 74 | 5105 |

Le test de t basé sur la comparaison de deux pentes, fournit une valeur de $|t|$ inférieure à 1.96 pour $\alpha = 5\%$. Ce résultat (Tab. 14) permet de conclure que le mérrou brun *E. marginatus* et la badèche *E. costae* tous sexes confondus, des côtes algériennes, se caractérisent par une **isométrie**, entre le poids (W_T) et la longueur totale (L_T).

Tableau 14. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale du mérrou brun (*E. marginatus*) et la badèche *E. costae* des côtes algériennes.

| Espèces | Relation d'allométrie | Effectif | R | $ t $ cal ($\alpha = 5\%$) |
|----------------------|-----------------------------|----------|-------|------------------------------|
| <i>E. marginatus</i> | $W_T = 0.005 * L_T^{3.218}$ | 104 | 0.998 | 0.07 |
| <i>E. costae</i> | $W_T = 0.01 * L_T^{3.040}$ | 109 | 0.997 | 0.19 |

La valeur du coefficient de corrélation (R) est très proche de 1, ce qui traduit qu'il y a une forte

corrélation positive entre les deux variables la taille et le poids des deux espèces étudiées.

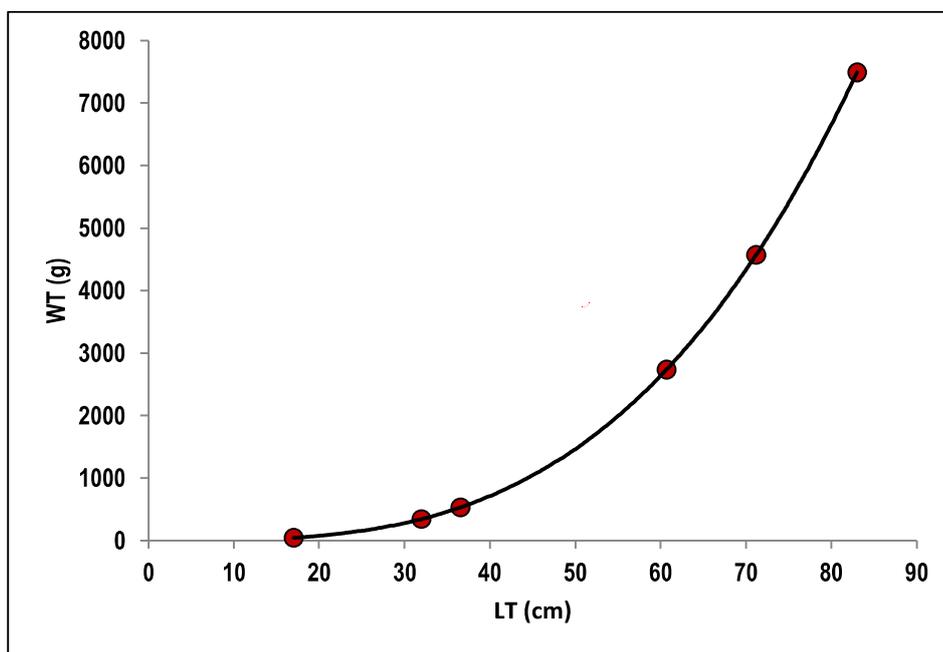


Figure 21. Relation taille-poids du mérrou brun (*E. marginatus*) des côtes algériennes.

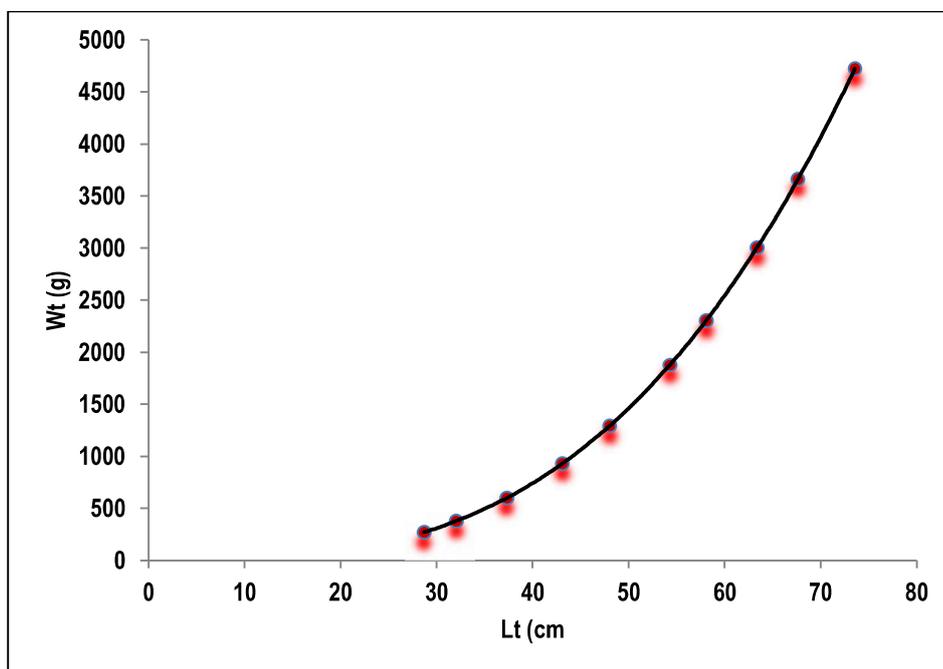


Figure 22. La relation taille-poids de la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes.

I.3.3. Croissance pondérale

La combinaison de l'équation de croissance linéaire de Von Bertalanffy (1938) avec la relation taille poids, nous a permis de tracer la courbe de croissance pondérale représentés (Tab.15, Fig.23 et Fig. 24), ils mettent en rapport le poids total (W_T) et l'âge du poisson.

Le mérrou brun *E. marginatus* : $W_T = 16449*(1 - e^{-0.11*t})^{3.218}$, avec un poids asymptotique $W_\infty = 16\ 449$ g.

La badèche (*E. costae*) : $W_T = 5647*(1 - e^{-0.17*t})^{3.040}$, avec un poids asymptotique $W_\infty = 5647$ g.

Tableau 15. Poids moyen théoriques (grammes) à divers âges du mérrou brun (*E. marginatus*) et de la badèche *E. costae* exploitée dans les côtes algériennes.

| Le mérrou brun (<i>E. marginatus</i>) | | La badèche (<i>E. costae</i>) | |
|-----------------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| Age (ans) | W_T (g) | Age (ans) | W_T (g) |
| 1 | 4759 | 1 | 2279 |
| 2 | 8100 | 2 | 3638 |
| 3 | 10445 | 3 | 4449 |
| 4 | 12090 | 4 | 4932 |
| 5 | 13245 | 5 | 5221 |
| 6 | 14056 | 6 | 5393 |
| 7 | 14625 | 7 | 5495 |
| | | 8 | 5557 |
| | | 9 | 5593 |
| | | 10 | 5615 |

W_T : poids moyens théoriques.

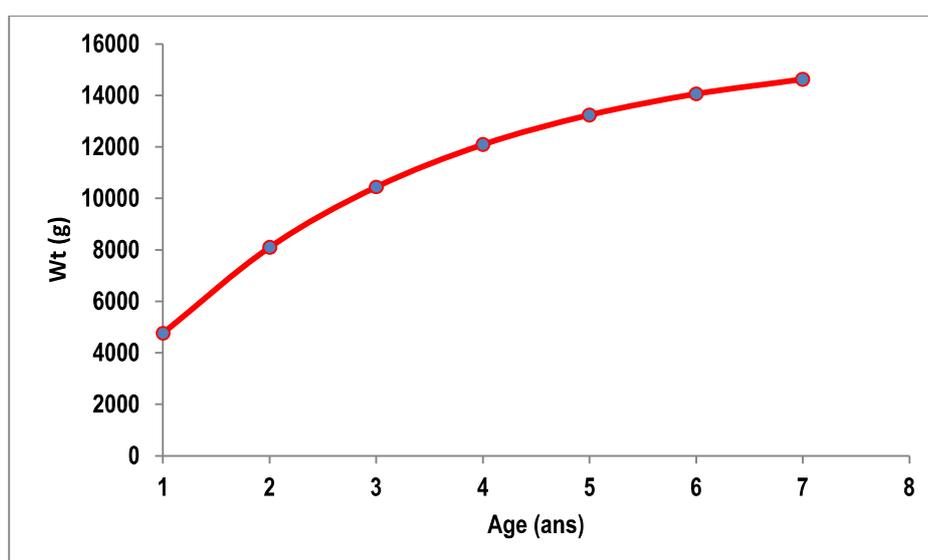


Figure 23. Courbe théorique de la croissance pondérale d'*E. marginatus* de la côte algérienne.

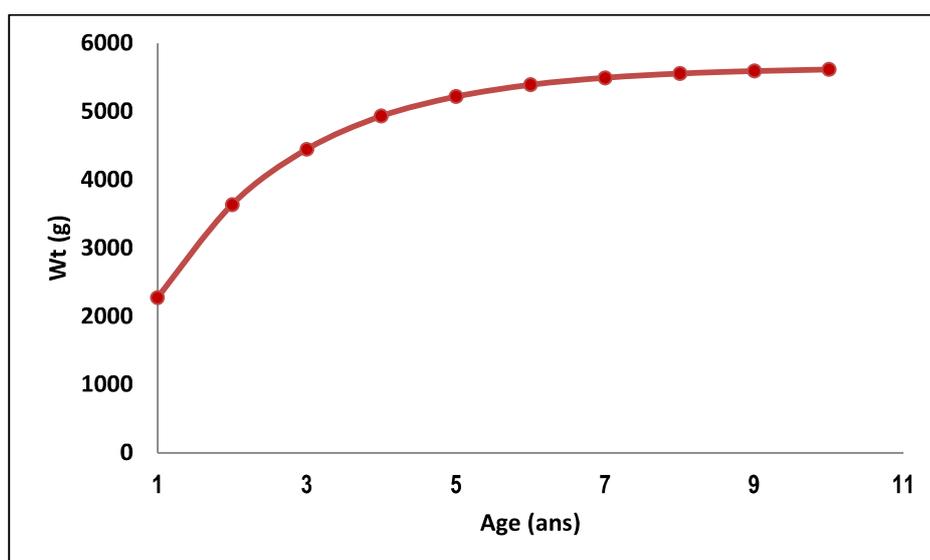


Figure 24. Courbe théorique de la croissance pondérale de la badèche (*E. costae*) exploitée dans les côtes algériennes.

I.4. Les paramètres de l'exploitation

I.4.1. La mortalité totale (Z)

Les résultats des coefficients de la mortalité totale du mérou brun et la badèche sont résumés dans le tableau 16. La figure (25A et B) illustrent la détermination du facteur Z respectivement à partir de la courbe de capture linéarisée (Pauly, 1990).

Tableau 16. Mortalité totale (Z) du mérou brun (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) exploitée dans les côtes algériennes selon différentes méthodes.

| Méthodes /Espèces | Z (an ⁻¹) | |
|----------------------------|-----------------------|------------------|
| | <i>E. marginatus</i> | <i>E. costae</i> |
| Jones (1983) | 0.47 | 0.31 |
| Jones et van Zaling (1983) | 2.51 | 1.77 |
| La courbe de capture | 2.06* | 1.21* |
| Beverton et Holt (1956) | 0.42 | 0.17 |
| Ault et Ehrhardt (1991) | 0.20 | 0.15 |
| *Valeur retenue | | |

I.4.2. La mortalité naturelle (M)

Le tableau 17 résume les valeurs des mortalités naturelles obtenues selon plusieurs méthodes pour l'ensemble de la population totale des deux espèces étudiées.

Tableau 17. Mortalités naturelles d'*E. marginatus*) et d'*E. costae* exploités dans la côte algérienne.

| Espèce /Méthode | Mortalité naturelle (M) | | | |
|----------------------|-------------------------|--------------|------------------------------|---------------------------|
| | Taylor (1959) | Pauly (1980) | Djabali <i>et al.</i> (1994) | Longhurst et Pauly (1987) |
| <i>E. marginatus</i> | 0.12 | 0.199 | 0.17* | 0.20 |
| <i>E. costae</i> | 0.11 | 0.29 | 0.21* | 0.29 |

*Valeur retenue

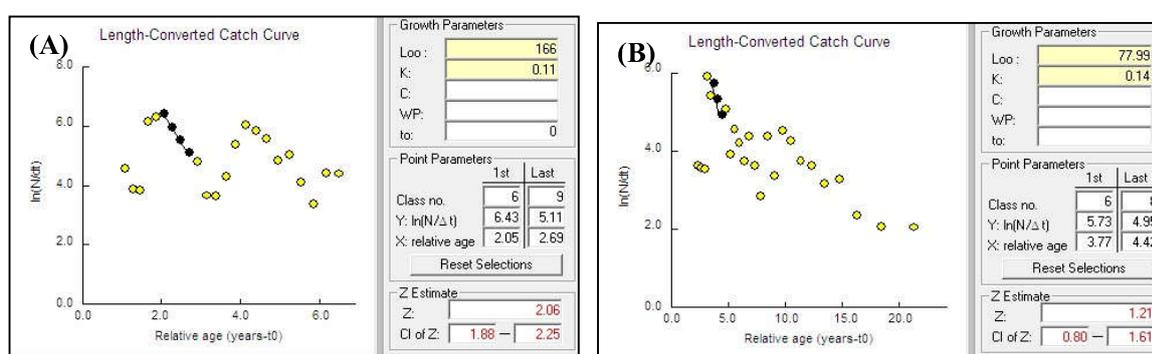


Figure 25. Détermination de la mortalité totale Z à partir de la courbe de capture linéarisée. (A): *E. marginatus*, (B): *E. costae* (FISAT II, Gayanilo *et al.*, 2005).

Les paramètres retenus pour l'application des modèles d'exploitation sont les suivants :

Pour le coefficient de mortalité totale (Z), nous avons retenu le résultat obtenu par la méthode de Pauly, 1990 basée sur l'analyse des structures de taille. La valeur retenue pour la mortalité naturelle M est celle calculée par l'équation de Djabali *et al.* (1994) qui est plus adaptée au stock de poissons méditerranéens. Ainsi, à partir des valeurs de Z et M retenues, le coefficient de mortalité par pêche F est de l'ordre 1.89 an^{-1} pour le mérour brun (*E. marginatus*) et 1.00 an^{-1} pour la badèche (*E. costae*).

1.5. Résultats virologie

La zone couverte par cette étude est représentative de la côte algérienne. Un total de 17 individus ($n = 12$ *E. marginatus* et $n = 5$ *E. costae*) ont été collectés dans différentes régions de la côte algérienne entre juillet et octobre 2019 : $n = 6$ à Collo, $n = 6$ à Ténès, $n = 3$ à Ghazaouat, $n = 1$ à Tipasa et $n = 1$ à Tigzirt (Tab. 18). La température moyenne de l'eau était de $23,5 \text{ °C}$ (Tab.18).

Aucun événement de mortalité massive n'a été enregistré pendant la période d'étude. Le seul rapport de mortalité massive de mérours remonte à 2017 dans l'ouest d'Oran. A cette époque, au moins 30 mérours ont été trouvés soit à l'état agonique soit morts. La seule espèce affectée était *E. marginatus*, et le poids du poisson variait de 1 500 à 25 000 g [Direction de la pêche et des ressources halieutiques, Oran Wilaya, Communication personnelle]. Malheureusement, durant cette vague de mortalités, on a pu avoir un (01) seul individu d'*E. marginatus* (Fig. 26), après avoir récupéré l'individu a été congelé à -20 ° C et inclus dans cette étude.

Tableau 18. Les données sur les échantillons collectés. Pour chaque spécimen, l'ID de l'échantillon, l'espèce, Longueur totale, Poids total, la date et le site de prélèvement, la température de l'eau et les signes cliniques sont indiqués.

| ID de l'échantillon | Espèces | Longueur totale(cm) | Poids total (g) | Site de prélèvement | Date de prélèvement | Température de l'eau (°C) | Signes cliniques |
|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|
| 19ITT-V/979 | <i>E. marginatus</i> | 17.0 | 83 | Oran | 20/09/2017 | 24.0 | CO, LND, EPF |
| 19ITT-V/978 | <i>E. costae</i> | 32.0 | 420 | Collo | 21/10/2019 | 22.7 | CO, LNC, CC, LCAF, SH |
| 19ITT-V/378.1 | <i>E. marginatus</i> | 32.5 | 401 | Tigzirt | 05/07/2019 | 24.2 | ASC |
| 19ITT-V/378.2 | <i>E. marginatus</i> | 36.7 | 750 | Ténès | 25/07/2019 | 23.3 | ASC |
| 19ITT-V/378.3 | <i>E. marginatus</i> | 60.0 | 3385 | Tipasa | 14/07/2019 | 23.5 | EP, CO |
| 19ITT-V/378.4 | <i>E. marginatus</i> | 40.7 | 855 | Ténès | 07/08/2019 | 23.9 | ASC |
| 19ITT-V/378.5 | <i>E. costae</i> | 36.0 | 732 | Ténès | 03/08/2019 | 23.9 | ASC |
| 19ITT-V/378.6 | <i>E. costae</i> | 28.3 | 251 | Ghazaouat | 21/07/2019 | 23.8 | CO |
| 19ITT-V/378.7 | <i>E. marginatus</i> | 27.1 | 288 | Ghazaouat | 21/07/2019 | 23.8 | CO |
| 19ITT-V/378.8 | <i>E. marginatus</i> | 27.2 | 293 | Ghazaouat | 21/07/2019 | 23.8 | CO |
| 19ITT-V/378.9 | <i>E. costae</i> | 44.5 | 1050 | Ténès | 05/08/2019 | 24.0 | ASC |
| 19ITT-V/378.10 | <i>E. marginatus</i> | 28.3 | 313 | Collo | 01/10/2019 | 22.9 | CO |
| 19ITT-V/378.11 | <i>E. marginatus</i> | 31.4 | 440 | Collo | 06/10/2019 | 22.9 | CO, LNC, EP |
| 19ITT-V/378.12 | <i>E. marginatus</i> | 31.5 | 414 | Collo | 06/10/2019 | 22.9 | CO, LCF |
| 19ITT-V/378.13 | <i>E. marginatus</i> | 32.8 | 389 | Ténès | 03/08/2019 | 23.9 | ASC |
| 19ITT-V/378.14 | <i>E. marginatus</i> | 26.4 | 263 | Ténès | 08/08/2019 | 24.0 | ASC |
| 19ITT-V/378.15 | <i>E. costae</i> | 28.1 | 276 | Collo | 01/10/2019 | 22.9 | EP, FE |
| 19ITT-V/378.16 | <i>E. marginatus</i> | 30.7 | 379 | Collo | 06/10/2019 | 22.9 | CO, LNC |

ASC : Aucun signe clinique ; LPOC : Lésion de la peau et opacité cornéenne ; CO : cornéenne opaque ; LND: lésion de la nageoire dorsale; LNC: lésion de la nageoire caudale; LNC: lésion de la nageoire caudale; LCAF: lésion cutanée dans l'abdomen et les flancs; CC: cerveau congestionné; CHBF: Congestion de la tête et de la base des nageoires; EP: Erosion sur la peau.

I.5.1. Nécropsie

Les 13 spécimens d'*E. marginatus* avaient une longueur totale variant de 17 à 60 cm et un poids total variant entre 83 et 3385 g. Les 5 spécimens d'*E. costae* avaient une longueur totale qui variait entre 28-44 cm et un poids total entre 250-1050 g. Les lésions externes observées, à savoir l'opacité cornéenne, l'érosion de la peau et des nageoires, sont rapportées dans le tableau 18. Des lésions externes ont été observées chez 11 des 18 poissons. L'opacité cornéenne et les érosions des nageoires étaient les lésions externes les plus récurrentes.

Les résultats de l'autopsie des 2 spécimens congelés, le mérrou brun (*E. marginatus*) (Fig. 26A-E) et la badèche (*E. costae*) (Figure 27F-J), ont montré des lésions sur les nageoires ventrale, latérale et caudale (tableau 18 ; et Figure 26D, 22E, 22H), avec des abrasions cutanées (tableau 18, figure 27C) et l'opacité cornéenne (Tableau 18, Figure 26B, 26G). La lésion cornéenne a été observée et enregistrée (mais non photographiée) sur les carcasses fraîches et était effectivement présente après décongélation. Les estomacs et les viscères étaient vides et pleins de mucus. Chez l'individu de la badèche (*E. costae*), le foie semblait pâle et friable et la vessie natatoire hyper-gonflée (Tableau 18, figure 27I), mais le signe macroscopique interne le plus remarquable était l'intense congestion cérébrale (Tab. 18, Fig. 27J).



Figure 26. Lésions externes sur *Epinephelus marginatus* congelé [19ITT-V / 979 d'Oran (A-E)]. A: *E. marginatus*; B: opacité cornéenne et déshydratation du bulbe oculaire (flèche); C: érosion cutanée et ulcération du derme avec exposition de la musculature sous-jacente (flèche); D: érosion de la membrane des premiers rayons de la nageoire anale (flèche); E: érosion de l'apex de la nageoire pectorale (flèche); F: un foie pâle et friable (flèche) (Boukedjouta *et al.*, 2020).



Figure 27. Lésions externes sur *Epinephelus costae* [19ITT-V / 978 de Collo]. A: *E. costae*; B: érosion cutanée du pédoncule caudal, rupture et érosion de la membrane de la nageoire caudale C: opacité cornéenne (flèche); D: encéphale encombré; E: exposition de la cavité coelomique avec un foie pâle et friable et une vessie natatoire hyper-gonflée (flèche) (Boukedjouta *et al.*, 2020).

I.5.2. Histopathologie et immunohistochimie

Les résultats des analyses immunohistochimiques (IHC) effectuées sur des échantillons des yeux et des cerveaux fixes fraîchement formalisés sont rapportés dans le tableau 19. Un spécimen d'*E. marginatus*, prélevé à Collo (19ITT-V / 378.16), a mis en évidence des immunoprécipités puissants

dans la couche rétinienne (ganglion) couche cellulaire, couche plexiforme externe, couche nucléaire interne) avec une légère vacuolation (Fig. 28A-3B), et des précipités multifocaux dans le parenchyme encéphalique sans signe de vacuolation (figure 28C). Deux individus d'*E. marginatus* (19ITT-V / 378.2; 378.3) ont révélé un nombre limité d'immunoprécipités dans la substance blanche du diencéphale. Une légère congestion méningée et encéphalique était présente dans quatre spécimens du mérrou brun (*E. marginatus*) (19ITT-V / 378.2, 378.3, 378.8, 378.11) et dans un individu d'*E. costae* (19ITT-V / 378.6) (figure 28E). L'analyse IHC effectuée sur des spécimens congelés d'*E. costae* prélevés à Collo (19ITT-V / 978) a mis en évidence la présence de diffus immunoprécipités dans les couches rétiniennes et dans le parenchyme encéphalique (figure 28H). L'individu du mérrou brun (*E. marginatus*) prélevé à Oran (19ITT-V / 979) a mis en évidence que des légers immunoprécipités dans le mésencéphale (le cerveau) alors qu'aucun précipité IHC n'a été observé dans les couches rétiniennes des yeux (figure 28F).

Tableau 19. Les analyses effectuées pour chaque échantillon, et les résultats obtenus sont rapportés. Entre parenthèses, les analyses avec des résultats positifs sont indiquées.

| N° de l'échantillon | Espèces | Organe analysé | Analyse effectuée | Résultats |
|---------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------------------------|
| 19ITT-V/979 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC, VI and PCR | Positive (His, IHC, PCR) |
| 19ITT-V/978 | <i>E. costae</i> | C&Y | His, IHC, VI and PCR | Positive (His, IHC, VI and PCR) |
| 19ITT-V/378.1 | <i>E. marginatus</i> | C | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.2 | <i>E. marginatus</i> | C | His, IHC | Positive (His, IHC) |
| 19ITT-V/378.3 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC | Positive (His, IHC) |
| 19ITT-V/378.4 | <i>E. marginatus</i> | C | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.5 | <i>E. costae</i> | C | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.6 | <i>E. costae</i> | C&Y | His, IHC | Douteuse (His) |
| 19ITT-V/378.7 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.8 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC | Douteuse (His) |
| 19ITT-V/378.9 | <i>E. costae</i> | C | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.10 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.11 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC | Douteuse (His) |
| 19ITT-V/378.12 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.13 | <i>E. marginatus</i> | Y | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.14 | <i>E. marginatus</i> | Y | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.15 | <i>E. costae</i> | Y | His, IHC | Negative |
| 19ITT-V/378.16 | <i>E. marginatus</i> | C&Y | His, IHC | Positive (IHC) |

Cerveau : C, Yeux : Y, ou C & Y: les deux, His: histologie; IHC: immunohistochimie; VI: isolement du virus; PCR: indiquant les analyses de biologie moléculaire.

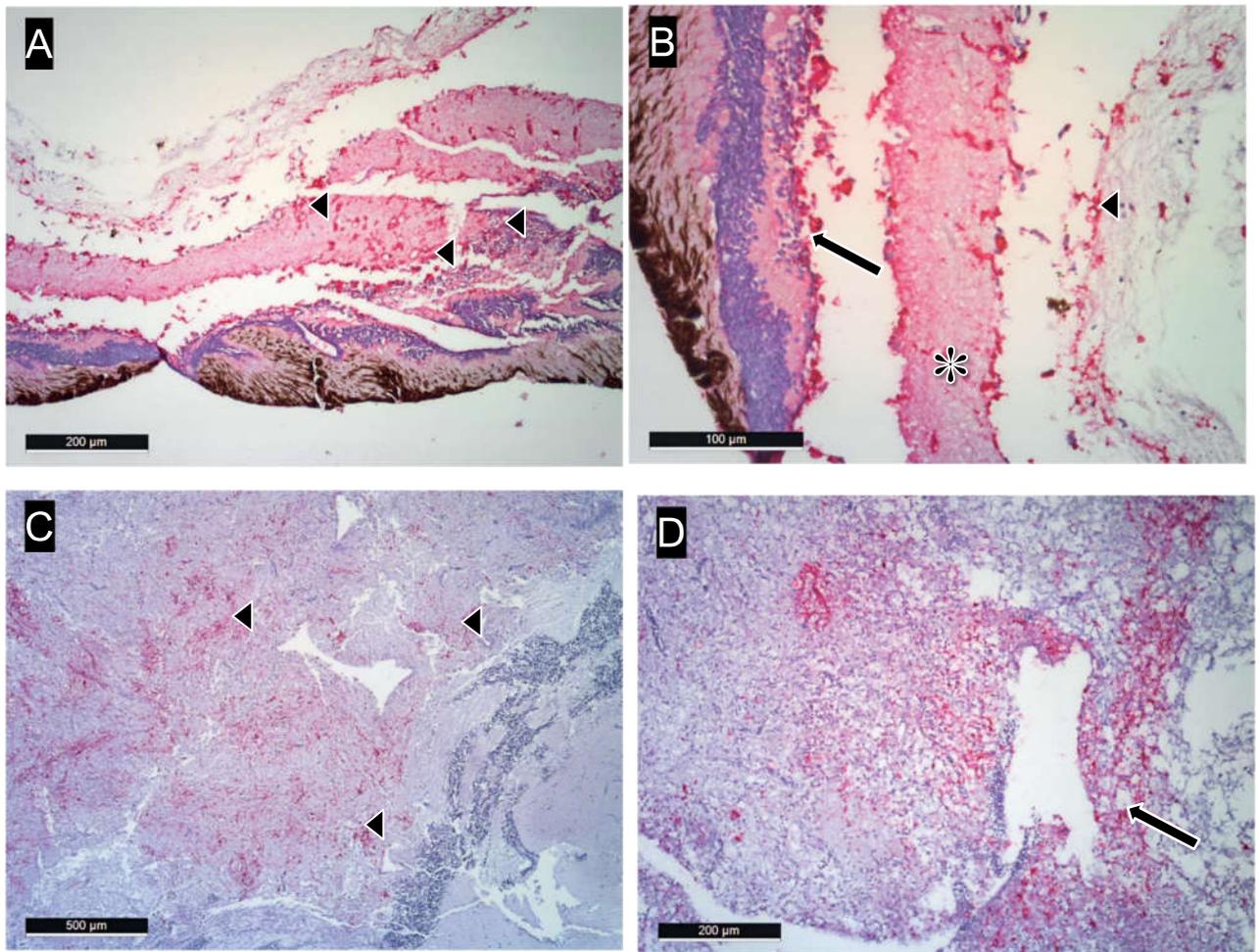


Figure 28. Résultats de l'histologie et l'Immunohistochimie (IHC) sur les yeux et les cerveaux des échantillons positifs (présence du betanodavirus) d'*E. marginatus* et *E. costae* ; **Fig. 28A** : Immunoprécipités intenses dans différentes couches rétinienne d'*E. marginatus*, récolté à Collo (19ITT-V/378.16), avec de légères vacuolisations (pointes de flèches). Les espaces vides entre les couches rétinienne sont des artefacts de coupe (IHC, 10X) ; **Fig. 28B** : couches rétinienne d'*E. marginatus* à un grossissement accru ; précipite dans la couche nucléaire interne (flèche), la couche plexiforme interne (*) et la couche de cellules ganglionnaires (tête de flèche) (IHC ; 25X) ; **Fig 28C** : *E. marginatus* (19ITT-V/378.16) diencéphale avec immunoprécipités diffus (pointes de flèches) (IHC ; 4X) ; **Fig. 28D** : grossissement accru du parenchyme encéphalique d'*E. marginatus* avec vacuolisations putatives (flèche) (Boukedjouta *et al.*, 2020).

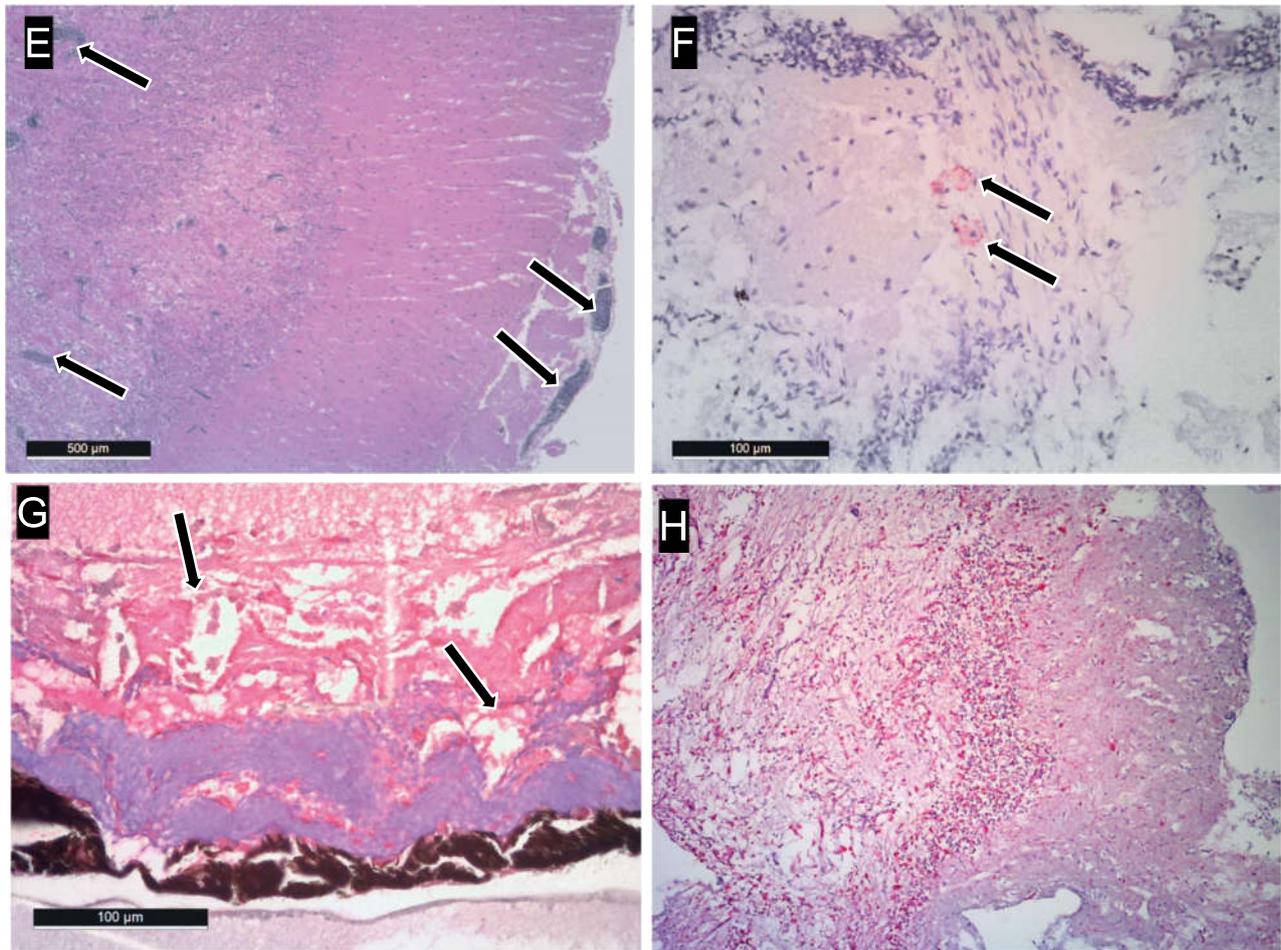


Figure 28 (suite). Résultats de l'histologie et l'IHC sur les yeux et les cerveaux des échantillons positifs (présence du betanodavirus) d'*E. marginatus* et d'*E. costae*. **Fig. 28E** : Congestion légère des vaisseaux sanguins méningés et encéphaliques (flèches) observée chez *E. marginatus* (19ITT-V/378.3) (H-E ; 4X) ; **Fig. 28F** : immunoprécipités légers dans le mésencéphale (flèches) chez *E. marginatus* collectés à Oran (19ITT-V/979) (IHC ; 25X) ; **Fig. 28G** : Immunoprécipités intenses dans les couches rétiniennes d'*E. costae* congelés collectés à Collo (19ITT-V/978), les artefacts de congélation sont mis en évidence (flèches) (IHC ; 25X) ; **Fig. 28H** : immunoprécipités diffus dans le parenchyme encéphalique d'*E. costae* (IHC ; 10X) (Boukedjouta *et al.*, 2020).

I.5.3. Isolation du virus

L'effet cytopathique typique a été observé sur les lignées cellulaires E-11 et SNN-1 après 5-7 jours dans les deux échantillons (cerveau et yeux) prélevés sur la badèche (*E. costae*) uniquement. Les échantillons prélevés sur le mérrou brun (*E. marginatus*) après trois passages à l'aveugle n'ont montré aucun effet cytopathique et ont donc été considérés comme négatifs pour l'isolement du virus.

I.5.4. Séquençage d'ARN et analyse phylogénétique

Les organes (cerveaux et yeux) des deux mérrou congelés, 19ITT-V / 978 et 19ITT-V / 979, ont été testés par rRT-PCR pour le diagnostic du bétanodavirus ; tous les deux échantillons testés sont positifs. Ces échantillons ont été soumis à une caractérisation génétique en amplifiant des segments d'ARN1 et d'ARN2 partiels et un séquençage de Sanger ultérieur. Les séquences obtenues ont été déposées dans GenBank sous les numéros d'accès **MT214097-MT214098 (RNA1)** et **MT214099-MT214100 (RNA2)**.

Les arbres phylogénétiques de vraisemblance maximale déduits pour les segments partiels RNA1 et RNA2 des deux virus ont révélé qu'ils appartiennent au génotype RGNNV (Fig. 29). Au sein des phylogénies, les souches VNNV/*E. costae* / Algérie / 978_2 / 19 octobre et VNNV / *E. marginatus* / Algeria / 979_2 / Sep17 se réfèrent respectivement à 19ITT-V / 978 et 19ITT-V / 979. Les séquences d'ARN1 et d'ARN2, d'*E. costae* et d'*E. marginatus*, semblaient similaires. En effet, la similitude nucléotidique entre les deux isolats s'est avérée être de 99,29% et 99,12%, pour l'ARN1 et l'ARN2 respectivement. Séquences regroupées avec les bétanodavirus algériens et italiens précédemment signalés. La liste des séquences utilisées pour la construction des arbres phylogénétiques est présentée dans le tableau 20.

Les analyses phylogénétiques des séquences du bétanodavirus obtenues à partir d'*E. marginatus* et d'*E. costae* de la présente étude sont identifiées comme RGNNV. Les séquences RNA1 et RNA2 ont été incluses dans le cluster de RGNNV espèces, soutenu par des valeurs bootstrap élevées (Fig. 29). Un clade monophylétique cohérent (valeur bootstrap/ probabilité bayésienne: 99 / 0,72) a montré que la séquence d'ARN1 d'*E. costae* de la région Est de l'Algérie (Collo) est plus étroitement liées aux séquences isolées dans la Méditerranée tel que le bétanodavirus isolé de l'*E.*

alexandrinus (numéro accession à GenBank: KJ939350) dans le sud de l'Italie (Amoroso *et al.*, 2014). Tandis que l'haplotype RNA2 était inclus dans un clade avec des isolats NNV du loup de mer (*D. labrax*) (numéro accession à GenBank: AJ698093) détecté en France (Thiéry *et al.*, 2004). Dans le cas de l'individu d'*E. marginatus* de la région ouest de la côte Algérienne (Oran), on a pu avoir une séquence partielle d'ARN1 qui partage 99.83% de similitude avec les nucléotides de la souche 12/050 (numéro accession à GenBank: JX194165) de la nécrose nerveuse virale du mérrou à taches rouges de l'Algérie (Kara *et al.*, 2014). La séquence ARN2 du betanodavirus d'*E. marginatus* partage 99.30% de similitude avec les nucléotides de la souche GH-L (numéro d'accèsion à GenBank : MF510920) ; l'isolat de virus de la nécrose nerveuse virale d'*E. coioides* en Chine (Ge *et al.*, 2017).

Tableau 20. Nom de l'isolat, espèce hôte, pays d'origine, génotype et numéro d'accèsion des souches RGNNV, SJNNV et réassorties utilisées dans l'arbre phylogénétique.

| Nom de l'isolat | Espèce hôte | Pays d'origine | Génotype | RNA1 | RNA2 |
|-----------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------|----------|----------|
| 12/050 | <i>E. costae</i> | Algérie | RGNNV | JX194165 | Jx194164 |
| Sp_DI_IAusc168808 | <i>D. labrax</i> | Espagne | RGNNV | FJ803915 | FJ829452 |
| Cabrera | <i>E. marginatus</i> | Espagne | RGNNV | LC222623 | LC222625 |
| El-Toro | <i>E. marginatus</i> | Espagne | RGNNV | LC222624 | LC222626 |
| 380.2008 | <i>D. labrax</i> | Espagne | RGNNV | JN189852 | - |
| B2.12 | <i>E. marginatus</i> | Tunisie | RGNNV | - | KF748946 |
| T1.12 | <i>E. marginatus</i> | Tunisie | RGNNV | KF748953 | - |
| T3.T12 | <i>E. marginatus</i> | Tunisie | RGNNV | KF748950 | KF748942 |
| 550.2.2005 | <i>Epinephelus sp</i> | Grèce | RGNNV | JN189823 | JN189975 |
| 358.3.2009 | <i>E. costae</i> | Grèce | RGNNV | JN189801 | - |
| 358.4.2009 | <i>E. costae</i> | Grèce | RGNNV | - | JN189955 |
| 487.1.2002 | <i>E. marginatus</i> | Grèce | RGNNV | JN189854 | JN189941 |
| 442.2001 | <i>E. marginatus</i> | Italie | RGNNV | JN189884 | - |
| 1/2014 | <i>E. alexandrinus</i> | Italie | RGNNV | KJ939350 | KJ939351 |
| DI-1 | <i>D. labrax</i> | Italie | RGNNV | AM085326 | - |
| 425.2.2011 | <i>E. costae</i> | Italie | RGNNV | JX290523 | JX290535 |
| 385.1.2011 | <i>E. marginatus</i> | Italie | RGNNV | JX290520 | JX290532 |
| 283.2009 | <i>D. labrax</i> | Italie | RGNNV | JN189865 | JN189992 |
| 391.2.2008 | <i>Epinephelus ssp</i> | Italie | RGNNV | JN189878 | JN189957 |
| IT19 | <i>D. labrax</i> | Italie | RGNNV | - | AF175514 |
| It/351/Sb | <i>D. labrax</i> | Italie | RGNNV | - | AY620367 |
| 459.18/I12 | <i>S.tinca</i> | Italie | RGNNV | - | MN163263 |
| DIEV | <i>D. labrax</i> | France | RGNNV | - | U39876 |
| RGNNVLCInd_2016 | <i>L. calcarifer</i> | Inde | RGNNV | - | MH758754 |
| SGWak97 | <i>E. septemfasciatus</i> | Japon | RGNNV | AY324869 | AY324870 |
| SG2001Nag | <i>E. septemfasciatus</i> | Japon | RGNNV | AB373028 | - |
| 389/196 | <i>D. labrax</i> | Italie | SJ/RG | KF386163 | KF386164 |
| VNNV/ <i>S. aurata</i> / I/425-10/Sept2008 | <i>S. aurata</i> | Italie | RG/SJ | - | KY354694 |
| SpSs_IAusc197408 | <i>S. senegalensis</i> | Espagne | RG/SJ | FJ803917 | FJ803922 |
| PtSs_IAusc57304 | <i>S. senegalensis</i> | Espagne | RG/SJ | - | FJ803920 |
| 367.2.2005 | <i>D. labrax</i> | Italie | RG/SJ | JN189909 | FJ189936 |
| 484.2.2009 | <i>S. senegalensis</i> | Espagne | SJNNV | JN189814 | JN189919 |
| SJNag93 | <i>C. vinctus</i> | Japon | SJNNV | AB056571 | AB05657 |
| SJ-G91 | <i>C. vinctus</i> | Japon | SJNNV | - | D30814 |
| SJNNV | <i>C. vinctus</i> | Japon | SJNNV | AB025018 | - |

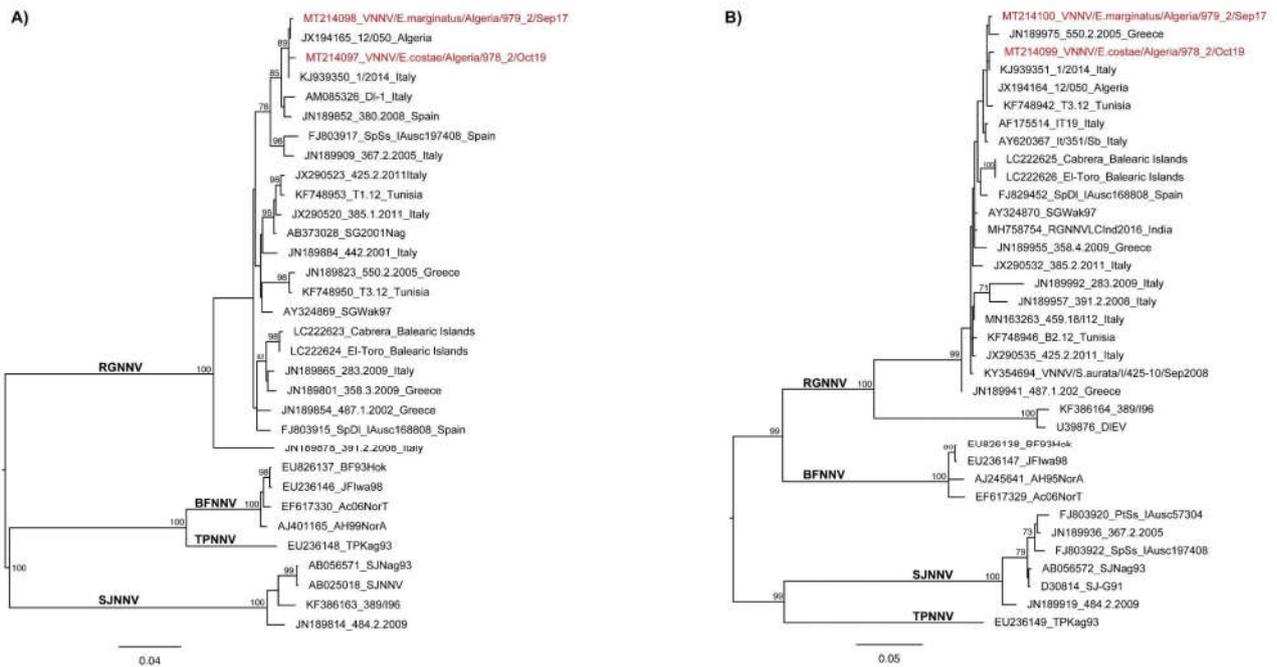


Figure 29. Arbre phylogénétique RNA1 et RNA2 de voisinage basé sur des séquences partielles d'ARN1 et d'ARN2. Les échantillons du betanodavirus d'Algérie sont surlignés en rouge (19ITT/ 978-2; 19ITT/ 979-2). La subdivision du génotype du betanodavirus est affichée (RGNNV; BFNNV; TPNNV; SJNNV). Les valeurs bootstrap sont indiquées sur les nœuds (les valeurs > 70% sont rapportées), tandis que les longueurs de branche sont mises à l'échelle en fonction du nombre de substitutions de nucléotides par site (Boukedjouta *et al.*, 2020).

II. DISCUSSION

II.1. Le mérrou brun (*E. marginatus*)

II.1.1. Age et croissances

Les données actuellement disponibles sur la taille, l'âge, la longueur et le poids relations et paramètres de croissance d'*E. marginatus* sont compilés dans le tableau 21. Ces études sont appuyées à la fois sur le comptage des anneaux sur les écailles collectées sous les nageoires pectorales (Rafail *et al.*, 1969 ; Bouain, 1986 ; Chauvet, 1988 ; Azevedo *et al.*, 1995 ; Kara et Derbal, 1995b ; Bouchereau *et al.*, 1999 ; Ximenes- Carvalho *et al.*, 2012) et les lectures des anneaux de croissance des coupes faites sur des sagittas des otolithes (Fennessy, 2006 ; Renones

et al., 2007 ; Seyboth *et al.*, 2011 ; Conдини *et al.*, 2014a). Dans quelques cas, les estimations d'âge étaient également basées sur analyse des otolithes sagittas entiers (Chauvet, 1988). L'absence d'âge avancé dans certaines régions peut être une conséquence de :

- La technique de pêche qui peut sélectivement capturer que les individus moins âgés (Ricker, 1975) ;
- Un échantillonnage non représentatif de l'ensemble de la population (par ex. en Algérie en mer Méditerranée, Kara et Derbal, 1995b) ;
- Les caractéristique de la zone de pêche (d'échantillonnage) ou simplement parce que cette région contient principalement des individus immatures (par exemple, dans la zone littorale, Seyboth *et al.*, 2011).

II.1.2. Les paramètres de la croissance de Von Bertalanffy

L'équation (L_{∞} , K et t_0) a été largement utilisée pour décrire les taux de croissance de nombreuses espèces, dont *E. marginatus* (Tab. 21). Une comparaison de ces études a révélé des différences considérables entre les individus de différents sites, principalement en termes de théorie longueur maximale (L_{∞}) et coefficient de croissance (K). Ces différences pourraient s'expliquer en partie par différences inhérentes entre les lectures de différentes structures dures (par exemple, otolithes et écailles). Otolithes a montré une variation plus faible pour les deux paramètres (L_{∞} et K entre 900 et 1249 mm et 0,069 et 0,129, respectivement), par rapport aux lectures d'âge obtenu de Balance (785–1850 mm et 0,028–0,160, respectivement) (Tab.21). Ces différences des paramètres de croissance entre les études utilisant les otolithes par rapport aux écailles peuvent être dues à l'analyse des otolithes tendant à être plus précis que l'utilisation des écailles (Campana, 2001). C'est le cas principalement chez les poissons plus gros, comme la précision diminue avec l'augmentation de la longueur du poisson (Welch *et al.*, 1993 ; Secor et Trice, 1995), car le discernement annuli sur les écailles des gros poissons est plus difficile à surpeuplement près des marges (Welch *et al.*, 1993). Donc, les études de détermination de l'âge utilisant des écailles peuvent sous-estimer l'âge, et les paramètres de croissance (L_{∞} et K). Cela peut être produit dans le cas où les auteurs n'ont pas pu échantillonner des individus de grande taille, ce qui sous-estime fortement la valeur de L_{∞} par exemple, l'étude de Kara et Derbal, 1999).

Le taux de croissance d'*E. marginatus* augmente rapidement au cours des 5 premières années de vie, lorsqu'il atteint environ 45% de la moyenne théorique longueur maximale. Après cet âge, le taux de croissance tend à diminuer rapidement et, après avoir atteint 30 ans de l'âge, la croissance devienne plus lente (Chauvet, 1988 ; Kara et Derbal, 1995b ; Bouchereau *et al.*, 1999 ; Fennessy, 2006 ; Renones *et al.*, 2007 ; Condini *et al.*, 2014a). Selon les études disponibles sur la longueur-poids relations, il existe de faibles variations entre ces paramètres, avec des individus de la même taille montrant généralement un poids similaire (Tab.21). Exceptez les études de Kara et Derbal (1995b) et Ximenes-Carvalho *et al.* (2012), qui ont montré des valeurs respectivement au-dessous et au-dessus de la moyenne, probablement au manque d'individus de plus grandes tailles dans leurs ensembles de données. Cependant, comme la relation longueur-poids peut varier tout au long du cycle de vie et selon les conditions environnementales, la saisonnalité et l'individu l'état physiologique, ce paramètre n'est pas recommandé pour comparer différentes populations (Froese, 2006).

II.2. La badèche (*E. costae*)

II.2.1. Age et croissances

L'échantillon de la badèche (*E. costae*) de la côte algérienne présente une longueur maximale égale à 76 cm, alors qu'elle peut atteindre jusqu'à 140 cm dans son aire de répartition (Whitehead *et al.*, 1984-1986 ; Göthel, 1992 ; Heemstra et Randall, 1993). Cette valeur est proche à celles rapportées par Zaidi (2016) dans le golfe d'Annaba : 86 cm, elle est bien supérieure à celles obtenu par Ceyhan et al (2009) 30 cm dans la mer Egée et 55.4 cm dans la Baie d'Iskenderun (Turquie), Tortonese (1986 *in* Zaidi, 2016), Bouain (1986) mentionnent respectivement des valeurs de 80 cm et de 64 cm dans le bassin nord de la Méditerranée et dans le golfe de Gabes (Tunisie).

Chez la badèche (*E. costae*) l'âge a été déterminé aisément par la scalimétrie et la méthode indirecte. L'âge maximum déterminé chez la population totale des côtes algériennes est de 13 ans par la scalimétrie et de 10 ans par la méthode indirecte. Zaidi (2016), dans le golfe d'Annaba mentionne une longévité de 12 ans pour les femelles et 7 ans pour les mâles, Bouain (1986) dans le golfe de Gabes, mentionne une longévité de 11 ans chez la même espèce avec un taux de croissance très faible. En effet, les badèches âgés de 7 ans dans la présente étude mesurent 61 cm,

tandis que pour le même âge les badèches du golfe de Gabes ne mesurent qu'à peine 50 cm (Bouain, 1986).

La comparaison des paramètres de croissance de Von Bertalanffy (L_{∞} , k , t_0) d'*E. costae* exploité dans les côtes algériennes et d'autres résultats obtenus par d'autres auteurs montre une meilleure croissance chez la population des côtes algériennes ($k = 0.14$ /an) par rapport à celle du golfe d'Annaba ($k = 0.09$ /an, Zaidi ,2016) et du golfe de Gabes ($k = 0.041$ / an). Nous supposons que ces différences géographiques de la croissance chez les badèches, comme c'est le cas de la majorité des téléostéens côtiers, seraient probablement liées non seulement à la méthode utilisée dans l'étude, mais pourrait également liés aux pressions de la pêche sportif exercé sur l'espèce, les conditions climatiques du milieu (température) et la disponibilité de la nourriture...

La croissance relative chez la badèche (*E. costae*) des côtes algériennes est isométrique chez la population totale. La même conclusion a été annoncé par Zaidi (2016) dans le golfe d'Annaba que ce soit pour les mâles, les femelles et la population totale. Certains auteurs dans plusieurs régions ont révélé quelques différences (Tab. 21) tel que Magnússon et Magnússon (1987) dans l'atlantique (Côte d'Ivoire) annonce une valeur $b = 3.073$, Bouain (1986) $b = 2,303$ dans le golfe de Gabes et (Ceyhan *et al.*,2009) dans la Mer Egée (Turquie) trouve une valeur de $b = 2.885$. Ces différences de la croissance relative peuvent être attribuées à régime alimentaires, La situation géographique associée aux conditions environnementales. Selon (Le Cren, 1951 ; Bagenal et Tesch, 1978), les pathologies parasitaires sont des facteurs qui peuvent affecter la valeur de b .

Tableau 21. L'âge et les paramètres croissance Von Bertalanffy du mérrou brun (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) ; dans différentes régions.

| Auteur | Régions Pays | Méthode d'étude | Lt (mm) | Age ans | N | L_{∞} (mm) | K (an ⁻¹) | to (an) | Relation ($W = a \cdot Lt^b$) |
|--------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------|-------------|------------|----------------------|--------------------------|--------------|------------------------------------|
| Le mérrou brun <i>E. marginatus</i> | | | | | | | | | |
| Rafail <i>et al.</i> (1969) | Méditerranée Egypte | Sc | 166-475 | 1-7 | 251 | 800 | 0.112 | -1.08 | $W = 0.0069LT^{3.222}$ |
| Bouain (1986) | Méditerranée Tunisie | Sc | 150-890 | 0-16 | 97 | 1850 | 0.028 | -1.53 | - |
| Chauvet (1988) | Méditerranée Tunisie | Sc and Wo | 53-1180 | 0-36 | 270 | 1144 | 0.093 | -0.75 | $W = 0.01256LT^{3.073}$ |
| Chalabi <i>et al.</i> (1992) | Algérie | Ra | 250-900 | 1-8 | 60 | 1774 | 0.073 | -1.24 | $W = 0.0000243LT^{2.971}$ |
| Azevedo <i>et al.</i> (1995) | NOA - (Portugal) | Sc | 40-360 | 0-4 | 74 | | | | $W = 0.0139LT^{3.065}$ |
| Kara <i>et Derbal</i> (1995) | Algérie | Sc | 197-567 | 1-7 | 41 | 785 | 0.160 | -0.73 | $W = 0.0081LT^{3.140}$ |
| Bouchereau <i>et al.</i> (1999) | Méditerranée France | Sc | 200-1200 | 1-14 | 22 | 1359 | 0.080 | -0.80 | $W = 0.123LT^{2.60}$ |
| Fennessy (2006) | SOIO – Afrique du sud | So | 95-1020 | 1-16 | 215 | 1249 | 0.090 | -1.43 | - |
| Renones <i>et al.</i> (2007) | MO -Espagne | So | 66— | 0-61 | 358 | 955 | 0.087 | -1.12 | $W = 0.0098LT^{3.14}$ |
| Seyboth <i>et al.</i> (2011) | SOA - Brésil | So | 260-800 | 2-12 | 108 | 1249 | 0.069 | -1.49 | - |
| Ximenes- Carvalho <i>et al.</i> (2012) | SEOA -Brésil | Sc | 115-705 | 1-14 | 135 | 1010 | 0.075 | -2.20 | $W = 0.00008LT^{3.221}$ |
| Condini <i>et al.</i> (2014a, b) | SOA -Brésil | So | 150-1160 | 1-40 | 190 | 900 | 0.129 | -1.45 | $W = 0.0125LT^{3.094}$ |
| Présente étude | Les côtes algériennes | Sc | 170-880 | 1-6 | 104 | 1660 | 0.11 | 0 | $W_T = 0.005 * L_T^{3.218}$ |
| La badèche <i>E. costae</i> | | | | | | | | | |
| Magnússon <i>et Magnússon</i> (1987) | Atlantique (Côte d'Ivoire) | | 520-720 | | 11 | | | | $W = 0.01256 Lt^{3.073}$ |
| Rafail (1972) | Ouest d'Alexandrie (Egypte) | | | | | 725 | 0.154 | -0.73 | |
| Bouain (1986) | Golfe de Gabès (Tunisie) | Sc | -640 | 11 | | 1215.9 | 0.041 | -2.059 | $W_t = 1,040 Lt^{2.303}$ |
| Ceyhan <i>et al</i> (2009) | Baie d'Iskenderun (Turquie) | | 142-554 | | 53 | | | | $W = 0.08850Lt^{2.391}$ |
| Ceyhan <i>et al</i> (2009) | Mer Egée (Turquie) | | 120-300 | | 365 | | | | $W = 0.0176 Lt^{2.885}$ |
| Zaidi (2016) | Golfe d'Annaba (Algérie) | Sc | 200-860 | 1-12 | 306 | 1267 | 0.09 | -0.65 | $W_t = 0.02 Lt^{2.819}$ |
| Présente étude | Les côtes algériennes | Sc | 200-760 | 1-10 | 109 | 779.9 | 0.14 | -0.94 | $W_T = 0.01 * L_T^{3.040}$ |

SOA: Sud ouest Atlantique, SEOA : Sud-est Occidental Atlantique, MO : Méditerranée occidentale, SOIO : Sud de l'océan Indien occidental, NOA : Nord Océan Atlantique – Açores

II.3. Virologie

La première détection de la maladie VER en Algérie remonte à 2011, lorsqu'une épidémie de mortalité grave de mérours sauvages adultes (mérour brun et la badèche) a été décrite (Kara *et al.*, 2014). Au cours des années 2012, 2013 et 2014, de nouveaux cas de mortalité de mérours ont été observés en Algérie (Boukedjouta *et al.*, 2016). Les mérours et les badèches (*Epinephelus spp.*) ont été touchés ; le nombre de poissons morts enregistrés par jour variait de 1 à 7 individus. La zone géographique où les cas de mortalité ont été signalés en 2012-2014 incluait la région centre et l'Est de la côte algérienne tandis que la partie Ouest des côtes algériennes semble avoir été épargnée (Boukedjouta *et al.*, 2016). Malheureusement, l'agent causal des événements de mortalité n'a pas été identifié. En 2017, un autre cas de mortalité affectant 30 mérour brun (*E. marginatus*) a été signalé dans l'ouest de l'Algérie (Oran). Un comportement de nage anormal a été observé chez la plupart des poissons affectés (entretiens en face à face avec des personnes et des pêcheurs qui ont observé ce phénomène) une maladie VER a été suspectée. C'est un fait bien connu que la réplication du virus provoque des lésions neurologiques dans le système nerveux qui contrôlent l'équilibre et les mouvements musculo-squelettiques provoquant une altération typique de la natation chez les mérours infectés (Munday *et al.*, 2002 ; Vendramin *et al.*, 2013 ; Valencia *et al.*, 2019). En effet, le seul spécimen ayant fait l'objet d'une confirmation en laboratoire (19ITT-V / 979) montrait des immunoprécipités massifs dans les tissus nerveux centraux (cerveau, télencéphale, cervelet et moelle allongée). Des tests moléculaires effectués sur des tissus nerveux prélevés sur le même échantillon ont confirmé la présence d'ARN viral. Malheureusement, il n'a pas pu isoler le virus, probablement en raison de la longue période de congélation à -20 ° C (près de 3 ans) avant le test. Néanmoins, les résultats obtenus avec l'IHC et la biologie moléculaire ont permis de confirmer, pour la deuxième fois en Algérie, que le bétanodavirus est le principal agent associé à la mortalité des mérours sauvages adultes. Pour étudier plus avant la présence de VER dans la population de mérours habitant la côte algérienne, en 2019, des échantillons ont été réalisés couvrant les différentes zones côtières. Cela a permis de détecter d'autres mérours positifs, même en l'absence d'événements de mortalité massive ; ces résultats ont confirmé que le virus VER persiste au niveau régional et peut donc être considéré comme endémique dans cette zone.

La majorité des échantillons de 2019 n'a été testée qu'avec des techniques histo-pathologiques et immunohistochimiques, car au moment de l'échantillonnage, un milieu de conservation approprié pour l'ARN n'était pas disponible. Bien que cela puisse être considéré comme une limite à l'étude, les analyses effectuées sur l'échantillon congelé disponible nous ont permis de confirmer de manière univoque la présence de bêtanodavirus dans tous les organes cibles (cerveau et yeux). De plus, la présence de lésions externes typiques et la détection de précipités d'IHC dans les tissus nerveux, ont confirmé qu'au moins 3 autres individus (sur 16 individus) avaient été infectés par VER. La congestion méningée et encéphalique chez les mérours infectés par le bêtanodavirus est plus fréquemment signalée que la vacuolisation, comme l'ont observé d'autres auteurs (Pirarat, Katagiri, Maita *et al.*, 2009 ; Agnihotri *et al.*, 2016 ; Valencia *et al.*, 2019). Trois mérours de cette étude ont montré une congestion des tissus nerveux, toujours en association avec des lésions externes typiques. Cela pourrait laisser penser que davantage que les mérours pourraient être infectés par le virus VER. Cependant, en raison de la négativité de la réaction IHC, ces résultats ont été considérés comme non concluants. Malgré le faible nombre global d'échantillons collectés dans cette étude, la détection d'au moins six poissons positifs (à l'exclusion des échantillons douteux) conduit à penser que la prévalence apparente de VER dans la population algérienne du mérour est d'environ 20%. Cela est notamment en accord avec les données de prévalence rapportées dans d'autres études concernant la population de poissons sauvages dans d'autres zones géographiques de la mer Méditerranée (Moreno *et al.*, 2014 ; Berzak *et al.*, 2019 ; Bitchava *et al.*, 2019 ; Lampert *et al.*, 2020). Les analyses phylogénétiques effectuées sur les séquences partielles d'ARN1 et d'ARN2 ont révélé que les deux virus appartiennent au génotype RGNNV. Il a été signalé à plusieurs reprises que les isolats de mérours de la région méditerranéenne appartiennent à ce génotype (Panzarin *et al.*, 2012, Haddad-Boubaker *et al.*, 2014, Knibb *et al.*, 2017 ; Valencia *et al.*, 2019 ;). L'arbre phylogénétique ARN1 a montré que les isolats d'*E. marginatus* échantillonnés en 2017 à Oran et d'*E. costae* échantillonnés en 2019 à Collo étaient étroitement apparentés et similaires aux souches virales d'*E. Alexandrinus*, *E. marginatus* et *E. costae* détectées dans le sud Italie et l'Est de l'Algérie. Ce résultat a été confirmé également en considérant l'arbre phylogénétique RNA2, même s'il est moins évident. Notamment, l'ARN2 a déjà été décrit comme étant moins informatif que l'ARN1 pour l'investigation du bêtanodavirus (Panzarin *et al.*, 2012 ; Knibb *et al.*, 2017). Quant à l'origine de l'infection en Algérie, nous n'avons aucune idée claire de comment et quand cela a pu se produire. Une hypothèse est que le NNV a été introduit à partir des

pays voisins par l'introduction de populations de poissons d'élevage. En effet, de nombreux foyers de maladies VER ont été documentés chez les espèces marines d'élevage des pays méditerranéens, en particulier des pays d'Afrique du Nord (Chérif *et al.*, 2010 ; Chérif et Amdouni, 2017 ; Muniesa *et al.*, 2020). Une deuxième hypothèse est qu'elle peut avoir son origine avec l'introduction dans le pays de poissons infectés dans des cages d'aquaculture marine. Munday et ces collaborateurs, ont suggéré que la propagation du bétanodavirus dans l'environnement naturel est le résultat du commerce (Munday *et al.*, 2002). En effet, l'existence de liens épidémiologiques et commerciaux impliquant différents pays a déjà été évoquée (Vendramin *et al.*, 2013 ; Toffan *et al.*, 2017 ; Muniesa *et al.*, 2020). Une autre hypothèse prend en compte l'hypothèse selon laquelle les voies de migration des populations de poissons sauvages transportent l'agent viral vers différentes zones géographiques (Chérif *et al.*, 2008 ; Berzak *et al.*, 2019 ; Lampert *et al.*, 2020). Fait intéressant, Lampert *et al.* (2020) ont signalé une prévalence élevée de NNV (51%) dans la brème à nageoires cendrées de Randall (*Nemipterus randalli*), une espèce lessepsienne que l'on trouve couramment en Méditerranée orientale. Les mêmes auteurs ont suggéré que le NNV pouvait provoquer une infection chez ce poisson allochtone sans produire de maladie mortelle. La résistance virale de la brème à nageoires cendrées de Randall (*Nemipterus randalli*) pourrait être l'un des facteurs contribuant au succès de l'établissement de cette espèce dans le bassin méditerranéen. De même, ce phénomène pourrait contribuer à la propagation du NNV des espèces résistantes allochtones aux espèces autochtones sensibles, comme les mérours. Quel que soit le mode d'introduction, le VER peut actuellement être considéré comme endémique parmi les populations de mérours en Algérie. Cela peut également être la cause du déclin des populations de mérours dans les côtes algériennes (Zaidi, 2016), comme déjà documenté pour d'autres régions du bassin méditerranéen (Vendramin *et al.*, 2013; Valencia *et al.*, 2019). Compte tenu de l'importance croissante que l'aquaculture gagne en Algérie, il est nécessaire de mettre en œuvre des stratégies de surveillance appropriées pour surveiller l'impact de cette maladie sur ces espèces précieuses et, éventuellement, surveiller les échanges viraux interspécifiques possibles avec les poissons d'élevage.

II.4. Exploitation

Les mérours sont capturés par l'homme depuis plus de dix mille ans, comme en témoignent les dépôts archéologiques bien conservés sur la côte méditerranéenne. Mannino *et al.* (2012) a enregistré l'apparition des restes du mérour brun sur l'île méditerranéenne de Favignana (Italie) entre

le Mésolithique tardif et le Néolithique précoce. Des mérous ont été également enregistrés dans d'autres sites archéologiques du monde entier, comme dans l'Atlantique du Nord-Est (Rosello et Morales, 1990), les Bahamas (Blick, 2007) et les îles du Pacifique (Dalzell, 1998).

Les mérous ont une valeur économique élevée et de nombreuses espèces sont consommées dans de nombreuses régions du monde (Heemstra et Randall, 1993). Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les captures mondiales des mérous ont augmenté à partir de 1950, date à laquelle environ 16 000 tonnes par an ont été débarquées, jusqu'en 2009, date à laquelle les captures ont atteint environ 275 000 tonnes par an. Sur la production totale de mérous en 2008, plus de 80 % ont été recensés en Asie. Cette tendance à la hausse est toutefois probablement très sous-estimée en raison des prises non déclarées de nombreuses pêches multi espèces de petite taille (Sadovy de Mitcheson *et al.*, 2013).

Le mérou brun est visé par la pêche artisanale, expérimentale et sportive dans toute sa zone géographique (Heemstra et Randall, 1993 ; Craig *et al.*, 2011). Le mérou brun n'est pas une espèce cible dans la pêche industrielle, mais est une espèce accessoire à forte valeur économique. En revanche, le mérou brun est une espèce cible importante dans de nombreuses pêcheries artisanales dans sa large aire de répartition. Le principal engin de pêche utilisé pour capturer le mérou brun est la palangre de fond (Galili *et al.*, 2004 ; Gomez *et al.*, 2006 ; Cardoso et Haimovici, 2011 ; Martin *et al.*, 2012 ; Lloret et Font, 2013), tant dans la pêche artisanale que dans la pêche industrielle. L'espèce peut également être capturée au moyen de méthodes traditionnelles de pêche à la ligne (Galili *et al.*, 2004 ; Conдини *et al.*, 2007), ou par filet maillant (Galili *et al.*, 2004 ; Martin *et al.*, 2012). Dans le cas de la pêche sportive, les mérous sont habituellement capturés par arbalète (Coll *et al.*, 2004 ; Lloret *et al.*, 2008 ; Lloret et Font, 2013), mais aussi parfois par crochet et ligne (Conдини *et al.* 2007).

L'information sur la capture et l'effort de pêche est également essentielle pour déterminer les politiques publiques et les mesures de gestion visant à garantir le maintien des stocks de poissons et la conservation des écosystèmes concernés. Le manque relatif de données sur les débarquements des pêcheries et l'effort de pêche actuellement utilisé pour capturer le mérou brun dans le monde est un obstacle majeur à la gestion durable de cette espèce en voie de disparition.

Il existe des données statistiques sur les prises du mérrou brun dans certaines zones de sa répartition géographique, principalement dans le sud-ouest de l'Atlantique et la pointe sud de l'Afrique, mais elles sont encore assez pauvres. En fait, les données statistiques sont plus concentrées dans la région métropolitaine. D'après les statistiques de la FAO sur les débarquements (FAO, 2015), il existe des données sur les débarquements de mérrou communs depuis 1950. Cette année, il y a eu un record de 200 tonnes (t) de mérrou brun capturés en Espagne. Entre 1950 et 1963, il n'y a eu que des captures enregistrées en Espagne, mais à partir de 1964, les prises du mérrou brun ont commencé dans d'autres pays, à commencer par l'Italie et par la Turquie et d'autres pays. Entre 1950 et le début des années 1980, les prises annuelles totales de mérrou communs ont progressivement augmenté, avec un pic en 1972 et 1973 (respectivement 3238 et 5832 t). La plupart de ces prises se sont produites dans les eaux italiennes.

À partir du milieu des années 1980, la pêche du mérrou brun a connu une augmentation substantielle, qui s'est poursuivie jusqu'au milieu des années 1990 (allant de 5000 à 8000 t, respectivement). En plus de l'Italie, la Libye a également signalé des prises importantes du mérrou brun durant cette période. Après cela, les prises mondiales ont commencé à diminuer rapidement jusqu'à la dernière évaluation en 2015 (Fig. 30), lorsque nous comparons les deux dernières générations de la récolte du mérrou brun, 4650 t (1976-1995) et 2350 t (1996-2015), nous avons observé une baisse de 50% dans la prise mondiale du mérrou brun.

L'analyse des données de débarquement par région (Europe contre Afrique) révèle deux scénarios différents (FAO 2015). En Europe, le modèle est semblable à celui des prises mondiales, c'est-à-dire qu'il y a une augmentation graduelle entre 1950 et le début des années 1980 (Fig. 30), avec un pic entre 1972 et 1973. À partir de 1984, une période de plus grande sur exploitation du mérrou brun a commencé jusqu'en 1994 (3920 et 3947 mt respectivement), avec une capture moyenne d'environ 4000 mt pendant cette période. Après cette période, il y a eu une baisse brutale, atteignant des valeurs inférieures à 500 t en 1998 (465 t) et sans aucun signe de la récupération depuis. Lorsque nous avons analysé les deux dernières périodes de 1976 à 1995 et de 1996 à 2015 (3600 et 300 tonnes, respectivement), il a été possible d'observer une baisse de production de plus de 90% des captures du mérrou brun (*E. marginatus*) dans son aire de répartition ce qui nous conduit à conclure que cette ressource est largement sur exploitée.

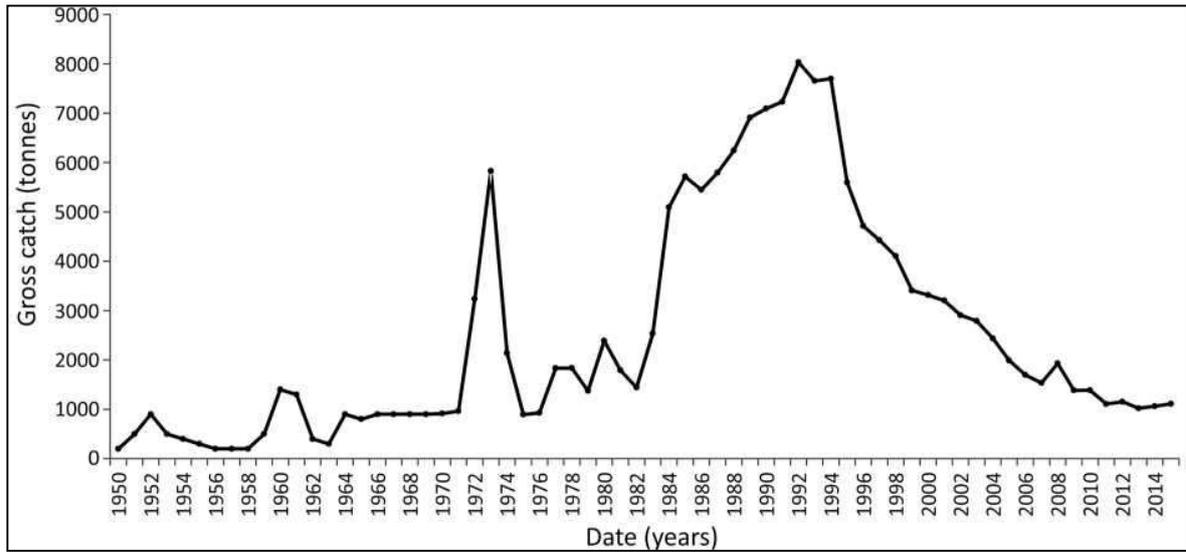


Figure 30. Variation temporelle (1950-2014) des prises brutes mondiales (tonnes) du mérrou brun *E. marginatus* (Les données de FAO 2015 in Conдини *et al.*, 2018).

CONCLUSION
GÉNÉRALE

Conclusion

La présente étude est une contribution à la connaissance de certains aspects écologique et biologique ayant trait à l'exploitation des deux espèces de poissons du genre *Epinephelus* (*Epinephelus spp.*) exploité dans les côtes algériennes. Elle nous a permis de mettre en évidence et analysés des spécimens des mérours trouvés mort et en état d'agonie et déterminer les causes des vagues de mortalités qui ont touché les stocks le long des côtes algériennes. Et apporter des éléments et des informations indispensables à une gestion rationnelle du stock.

L'étude de croissance réalisée par analyse des structures de taille, à partir d'un effectif total de 105 individus, a aboutis à la détermination des paramètres de croissance, ces derniers se rapprochant de ceux obtenus par d'autres recherches en Algérie et ailleurs en Méditerranée.

Dans les côtes algériennes, le mérour brun (*E. marginatus*) et la badèche (*E. costae*) atteignent un âge maximum respectivement de 14 ans et 12 ans (tous sexes confondus). Ce dernier a été estimé par la méthode des différences logarithmiques, fortement recommandée par le Groupe de Travail sur la Dynamique des Populations Marines de la FAO. Aussi, sa longueur asymptotique (L_{∞}), fournie par l'équation de croissance linéaire de Von Bertalanffy a été estimée à 166.00 cm, tandis que le paramètre de courbure (K), qui détermine la rapidité du poisson à approcher la longueur asymptotique, est de l'ordre de (0.11 an^{-1}). La longueur asymptotique de la badèche *E. costae* des côtes algériennes est de l'ordre de 77.99 cm avec un taux de croissance annuel plus au moins élevé par rapport à celle du mérour brun avec une valeur de 0.14 an^{-1} .

Pour ce qui est de la mortalité totale (Z), la valeur de 1.21 an^{-1} a été retenue. Le choix de ce résultat a été motivé essentiellement par la spécificité que représente la méthode utilisée, celle-ci étant basée sur les courbes de captures selon les longueurs. Le coefficient de mortalité naturelle (M) a été estimé à 0.29 an^{-1} calculé par l'équation de Djabali *et al.* (1994) qui est plus adaptée au stock de poissons méditerranéens.

Les paramètres de croissance et de mortalités estimés lors de notre étude, ont été basés sur l'application de modèles analytiques, visant à dresser l'état des lieux du niveau d'exploitation de cette espèce. Concernant l'étude de l'exploitation, une approche socio-économique via des questionnaires, a été suivi vu la nature des données existant sur l'exploitation des mérours en Algérie vivement recommandé par la FAO pour les pêcheries méditerranéennes, a été introduit afin d'évaluer la biomasse exploitable ainsi que l'effet de l'encéphalopathie et rétinopathie virale sur les stocks du mérour et de la badèche le long des côtes algériennes.

Enfin, le VER peut actuellement être considéré comme endémique parmi les populations de mérour en Algérie. Cela peut également être la cause du déclin des populations de mérour dans les côtes algériennes, comme déjà documenté pour d'autres régions du bassin méditerranéen. Compte tenu de l'importance croissante que l'aquaculture gagne en Algérie, il est nécessaire de mettre en œuvre des stratégies de surveillance appropriées pour surveiller l'impact de cette maladie sur ces espèces précieuses et, éventuellement, surveiller les échanges viraux interspécifiques possibles avec les poissons d'élevage.

Les études futures sur les gros Serranidés (*Epinephelus spp.*) devraient s'efforcer d'intégrer davantage ces outils afin de mieux comprendre la connectivité des populations de et l'utilisation de l'habitat dans l'ensemble de sa répartition géographique. Afin d'avoir des politiques publiques et des stratégies de gestion plus efficaces pour protéger ces espèces dans le monde entier, il est crucial d'accroître la collecte et la disponibilité des statistiques sur la pêche de ces derniers, tant en termes de représentation géographique que de qualité des données. Parallèlement, l'établissement des aires marines protégées dans d'autres régions au-delà de la mer Méditerranée. D'autres actions de gestion (p. ex., interdiction de pêche pendant les agrégations de frai, l'utilisation non présumée de l'espèce par le tourisme durable) seraient très bénéfiques pour aider à la conservation de ces espèces tout au long de ces distributions géographiques.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Abdul Malak D., Livingstone S.R., Pollard D., Polidoro B.A., Cuttelod A., Bariche M., Bilecenoglu M., Carpenter K.E., Collette B.B., Francour P., Goren M., Kara M.H., Massuti E., Papaconstantinou C. & Tunesi L., 2011. Overview of the conservation status of the marine fishes of the Mediterranean Sea. Gland: IUCN. Vii.

Abella, A. J., Auteri, R., et Serena, F., 1995. Some aspects of growth and recruitment of hake in the northern Tyrrhenian Sea. *Rapp. de la première réunion du groupe de travail DYNPOP du CIESM Tunis*, (10), 27-28.

Aldebert, Y., et Recasens, L., 1995. Estimation de la croissance du merlu dans le golfe du Lion par analyse des fréquences de tailles. *Rapp. de la première réunion du groupe de travail DYNPOP du CIESM Tunis*, (10), 49-50.

Agnihotri, K., Pease, B., & Chong, R., 2016. Molecular analysis of RNA1 and RNA2 sequences from a betanodavirus isolated from giant grouper (*Epinephelus lanceolatus*) in Australia. *Virology Reports*, 6, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.virep.2016.05.001>

Aleman, F., et Oliver, P., 1995. Growth of hake in the Balearic Sea : a proposal of new growth model with higher growth rates. *Rapp. de la première réunion du groupe de travail DYNPOP du CIESM Tunis*, (10), 51-52.

Ait Ali A., Nhhala H., Nagai A & Orbi A., 2007. Essai d'induction de la ponte chez la badèche *Epinephelus costae* (Steindachner, 1878). *2nd Symposium on Mediterranean Groupers Francour P., Gratiot J. (eds). Nice P:* 21-23.

Amoroso, M.G., Fusco, G., & Viscardi, M., 2014. Caractérisation moléculaire d'un bétanodavirus isolé d'*Epinephelus alexandrinus* dans le sud de l'Italie. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/KJ939350>

Anderson AB, Bonaldo RM, Barneche DR, Hackradt CW, Felix-Hackradt FC, Garcia Charton JA, Floeter SR., 2014. Recovery of grouper assemblages indicates effectiveness of a marine protected area in Southern Brazil. *Mar Ecol Prog Ser* 514:207–215

Andrade Á.B., Machado L.F., Hostim-Silva M. & Barreiros J. P., 2003. Reproductive biology of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Braz. arch. biol. technol*, 46(3): 373-382.

Annalie V., Callum M., Roberts & Julie P. Hawkins., 2000. The threatened status of groupers (Epinephelinae). *Biodiv & Conser*, 9: 919-942.

Arechavala- Lopez P., Bayle-Sempere J. T., Sánchez-Jerez P., Valle C., Forcada A., Fernández-Jover D., Ojeda-Martinez C., Vázquez-Luis M. & Luna-Pérez B. 2008. Biodiversity and structure of rocky reef fish assemblages in the Sierra Helada Natural Park (South western, Mediterranean Sea). *Arxius De Miscel. Lànica Zoologica*, 6: 232-252.

Arimoto, M., K. Mushiake, Y. Mizuta, T. Nakai, K. Muroga and I. Furusawa., 1992. Detection of striped jack nervous necrosis virus (SJNNV) by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Fish Pathol.*, 27,191-195.

Azevedo JMN, Rodri'guez JB, Mendiza 'bal M, Arruda LM., 1995. Study of a sample of dusky groupers, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), caught in the tide pool at Lajes do Pico, Azores. *Bol Mus Mun Funchal* 4:55–64

Azzurro, E., Andaloro, F. and Marino, G., 2000. Presenza della cernia di Haifa, *Epinephelus haifensis* (Serranidae: Epinephelinae), nel Mediterraneo centrale. *Biologia Marina Mediterranea* 7(1): 786-789.

Azzurro E., Mattidi M., Fanelli E., Guidetti P., La Mesa G., Scarpato A. & Axiak V., 2010. Sewage pollution impact on Mediterranean rocky-reef fish assemblages. *Mar. Environ. Res.*, 69: 390-397.

Bagenal T.B. & Tesch F.W., 1978. Age and growth. *In*: Bagenal T.B. (ed.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. *Oxf. Bla. Sci. Pub.* pp. 101-136.

Barreiros JP, Santos RS (1998). Notes on the food habitats and predatory behaviour of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Azores, Arquipelágo. *Life Mar Sci* 16A:29–36

Bauchot M.L. 1987. Poissons osseux. *In*: Fiches FAO d'Identification pour les Besoins de la Pêche (Rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol.2. (Fischer W., Bauchot M.-L. & M. Schneider. Eds), pp 891- 1421. CCE & FAO.

Baud, M., Cabon, J., Salomoni, A., Toffan, A., Panzarin, V., & Bigarré, L., 2015. First generic one step real-time Taqman RT-PCR targeting the RNA1 of betanodaviruses. *Journal of Virological Methods*, 211, 1–7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jviromet.2014.09.016>

Ben Zohra, A., et Millot, C., 1995. Characteristic and circulation of surface and intermediate water masses off Algeria. *Deep Sea Res.*, 42 (10) : 1803-1830.

- Barnabé G., 1999.** L'élevage de masse des mérours dans le monde. *Mar. Life*, 9(1): 3-7.
- Bellemans M., A. Sagna W. Fischer and N. Scialabba., 1988.** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide des ressources halieutiques du Sénégal et de la Gambie (espèces marines et d'eaux saumâtres). *Food and Agricultural Organization of the United Nations*, Rome. 227 p.
- Bertoncini A, Borgonha M, Bueno L, Freitas M, Grecco F, Machado L, Hostim-Silva M (2012).** Reef fish aggregations in Southern Brazil: Pro ' -Arribada and Meros do Brasil Initiatives. In: Proceedings of the 65th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, November 5–9 2012, Santa Marta, Colombia, pp 287–292
- Bertoncini AA, Machado LF, Hostim-Silva M, Barreiros JP (2003).** Reproductive biology of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Braz Arch Biol Technol* 46:373–381
- Bertucci F, Lejeune P, Payrot J, Parmentier E (2015).** Sound production by dusky grouper *Epinephelus marginatus* at spawning aggregation sites. *J Fish Biol* 87:400–421
- Berzak, R., Scheinin, A., Davidovich, N., Regev, Y., Diga, R., Tchernov, D., & Morick, D. (2019).** Prevalence of nervous necrosis virus (NNV) and Streptococcus species in wild marine fish and crustaceans from the Levantine Basin, Mediterranean Sea. *Diseases of Aquatic Organisms*, 133, 7-17. <https://doi.org/10.3354/dao03339>
- Bhattacharya, C.G. (1967).** - A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, (23), 115-135.
- Bianchi G. 1984.** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide des ressources halieutiques de l'Atlantique marocain (espèces marines et d'eaux saumâtres). Food and Agricultural Organisation, Rome.
- Bianchini, M.L., Giusto, G.B., Morara, U., Nardone, G.D., Sinacori, G. and Ragonese S. 2007.** Trawl catches of groupers in the Strait of Sicily. In: P. Francour, J. Gratiot (ed.), Second International Symposium on the Mediterranean Groupers, pp. 35-36. Nice.
- Bilecenoglu, M., Kaya, M., Cihangir, B., and Cicek, E. 2014.** An updated checklist of the marine fishes of Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 38: 901-929.

- Boban J. and Vladović D. 2013.** Rare species in ichthyological collection of natural history museum Split, Croatia. *Natura Montenegrina* 12(3-4): 599-605.
- Boltachev I & Karpova E., 2013.** First record of dogtooth grouper *Epinephelus caninus* (Valenciennes, 1834), Perciformes, Serranidae, in the Black Sea (pp 257-261).
- Bianchi G. 1986.** Fiches FAO de Identificação, de Espécies para propósitos comerciais. Guia de campo para as espécies comerciais marinhas e de águas salobras de Angola. *Food and Agricul Organiz Uni Nat, Rome*. 184 p.
- Bini G. 1968.** Atlanti dei pesci delle coste italiane vol. IV. Edit. *Mondo Sommerso*: 1-161p.
- Bilecenoglu M, Taskavak E, Mater S, Kaya M., 2002.** Checklist of the marine fishes of Turkey. *Zootaxa* 113:1–194
- Bitchava, K., Chassalevris, T., Lampou, E., Athanassopoulou, F., Economou, V., & Dovas, C. I., 2019.** Occurrence and molecular characterization of betanodaviruses in fish and invertebrates of the Greek territorial waters. *Journal of Fish Diseases*, **2**, 1773–1783. <https://doi.org/10.1111/jfd.13098>
- Blick JP (2007).** Pre-Columbian impact on terrestrial, intertidal, and marine resources, San Salvador, Bahamas (A.D. 950–1500). *J Nat Conserv* 15:174–183
- Bouaïn A. 1980.** Sexualité et cycle sexuel des mérours (poissons, Téléostéens, Serranidés) des côtes sud tunisien. *Bull. Off. Natl. Pêches* (Tunisie), 4(2): 215-229.
- Bouain A. 1984.** Moronidés et Serranidés (Poissons- Téléostéens) du golfe de Gabés. Ecobiologie et halieutique. Thèse Doct. Etat ES-Science, Univ. Tunis : 393p.
- Bouain A (1986).** Croissance linéaire des mérours du Golfe de Gabes (Tunisie). *Cybium* 10:299–302
- Bouain, A., & Siau, Y. (1983).** Observations on the female reproductive cycle and fecundity of three species of groupers (*Epinephelus*) from the southeast Tunisian seashores. *Marine Biology*, 73, 211–220. <https://doi.org/10.1007/BF00406890>
- Bouchereau JL, Body P, Chauvet C., 1999.** Growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Serranidae), in the natural marine reserve of Lavezzi Islands, Corsica, France. *Sci Mar* 63:71–77 322 *Rev Fish Biol Fisheries* (2018) 28:301–330

Boukedjouta, R., Soualili, D.L., & Mezali, K., 2016. Le suivi de la mortalité de quelques espèces de poissons du genre *Epinephelus* de la côte algérienne. *Proceeding des 6^{ème} Journées Scientifiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Mostaganem, 27-28/04/2016, Mostaganem, Algérie*, pp.111-116.

Boukedjouta R, Pretto T, Abbad M, Biasini L, Toffan A, Mezali K., 2020. Viral encephalopathy and retinopathy is endemic in wild groupers (genus *Epinephelus* spp.) of the Algerian coast. *J Fish Dis.* 2020;00:1–12. <https://doi.org/10.1111/jfd.13181>

Bovo, G., Gustinelli, A., Quaglio, F., Gobbo, F., Panzarin, V., Fusaro, A., Mutinelli, F., Caffara, M., & Fioravanti, M.L. (2011). Viral encephalopathy and retinopathy outbreak in freshwater fish farmed in Italy. *Diseases of Aquatic Organisms*, **96**, 45-54. <https://doi.org/10.3354/dao02367>

Bradai, M.N., Quignard, J.-P., Bouain, A., Jarboui, O., Ouannes-Ghorbel, A., Ben Abdallah, L., Zaouali, J. and Ben Salem, S. 2004. Ichtyofaune autochtone et exotique des cotes tunisiennes: recensement et biogeographie. *Cybium* 28(4): 315-328.

Brusle J (1985). Exposé synoptique des données biologiques sur les mérours *Epinephelus aeneus* (Geoffroy Saint Hilaire, 1809) et *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) de l’océan Atlantique et de le Mediterranean ‘e. *FAO Fish Synopsis* 129:1–64

Brusle J, Brusle S (1975). Ovarian and testicular intersexuality in two protogynous Mediterranean groupers, *Epinephelus aeneus* and *Epinephelus guaza*. In: Reinboth R (ed) *Intersexuality in the Animal Kingdom*. Springer, Berlin, pp 222–227

Brusle J. & Brusle S. 1976. Contribution à l’étude de la reproduction de deux espèces de mérours *E. aeneus* et *E. guaza* des côtes de Tunisie. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit*, 39(3): 313-320.

Bruzón M.Á. & Gonzalez de Canales M.L. 2007. Histological characteristics in gonads of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in a population from the Trafalgar Cape (SW, Spain). *2nd Symposium on Mediterranean Groupers*, Francour P., Gratiot J. (eds). Nice, P: 43.

Bussotti S, Guidetti P (2009) Do Mediterranean fish assemblages associated with marine caves and rocky cliffs differ? *Estuar Coast Shelf Sci* 81:65–73

Cabane F. 2008. Lexique d’écologie, d’environnement et d’aménagement du littoral. *Version 16. Ifremer. Doc/EL 08-11/RV*. 293 p.

- Cabaret J., Andre F., Pastor J., Harmelin J.G., Pean M. 2008.** Poissons osseux pélagiques près des fonds, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), *DORIS (Données D'observation pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et de la flore Subaquatique)*. Fiche Espèce (N° 474). http://doris.ffesm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=474.
- Cadenat J. 1935.** Les Serranidés de la côte occidentale d'Afrique (Du Cap Spartel au Cap Vert). *Rev. Trav. Off. Pêches Marit*, 8: 377-422.
- Cadenat J. 1951.** Poissons de mer du Sénégal, Initiations africaines, III. *Inst. Fr. Afr Noire, Dakar*, 1950 [1951]: 345 p., 241 figs.
- Campana SE (2001).** Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J Fish Biol* 59:197–242
- Can, M.F., N. Basusta, M. Cekic, 2002.** Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale fisheries off the south coast of Iskenderun Bay. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 26(5):1181-1183.
- Canese S., and Bava S. 2014.** The decline of top predators in deep coral reefs. 1st Mediterranean Symposium on the conservation of Dark Habitats: 67-68. Portorož, Slovenia.
- Cardoso L, Haimovici M (2011).** Caracterizac ,a ão tecnolo ´gica, social, econo ´mica e ecolo ´gica da atividade pesqueira sediada em Passo de Torres, Santa Catarina, Brasil. *B Inst Pesca* 37:275–288
- Ceyhan, T., O. Akyol and M. Erdem, 2009.** Length-weight relationships of fishes from Gökova Bay, Turkey (Aegean Sea). *Turk. J. Zool.* 33:69-72.
- Chalabi A, Ghafir SM, Guerrab K (1992).** Croissance du mérrou *Epinephelus guaza* L. des côtes de l'Ouest Algerien. *Rapp Comm Int Mer Medit* 33:289
- Chauvet C (1988).** Etude de la croissance du me ´rou *Epinephelus guaza* (Linne ´, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat Living Resour* 1:277–288
- Chauvet C, Francour P (1990).** Les merous *Epinephelus guaza* du Parc National de Port Cros (France): aspects socio-demographiques. *Bull Soc Zool Fr* 114(4):5–13
- Chi S.C., Lo C.F. & Lin S.C. (2001).** Characterization of grouper nervous necrosis virus. *J. Fish Dis.*, 24, 3–13.

Chi S.C., Shieh J.R. & Lin S.J. (2003). Genetic and antigenic analysis of betanodaviruses isolated from aquatic organisms in Taiwan. *Dis. Aquat. Org.*, 55, 221–228.

Comps M., Pepin J.F. & Bonami J.R. (1994). Purification and characterization of two fish encephalitis viruses (FEV) infecting *Lates calcarifer* and *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 123, 1–10.

Chérif, N., Thiéry, R., Castric, J., Biacchesi, S., Brémont, M., Thabti, F., & Hammami, S. (2008). Encéphalopathie virale et rétinopathie de *Dicentrarchus labrax* et *Sparus aurata* élevés en Tunisie. *Communications de recherche vétérinaire*, 33, 345–353. doi: 10.1007 / s11259-008-9182-3

Chérif, N., Gagné, N., Groman, D., Kibenge, F., Iwamoto, T., Yason, C., & Hammami, S. (2010). Séquençage complet du gène de la capsid du virus de la nécrose nerveuse du mérrou à taches rouges tunisien et du gène de l'ARN polymérase dépendant de l'ARN. *Journal of Fish Diseases*, 33, 231–240. <https://doi.org/10.1007/s11259-008-9182-3>

Chérif, N., & Amdouni, F. (2017). Nodaviruses in wild fish population collected around aquaculture cage sites from coastal areas of Tunisia. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 8, 2–7. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2009.01116.x>

Coll J., Moranta J., Renones O., Garcia-Rubies A., and Moreno I. 1998. Influence of substrate and deployment time on fish assemblages on an artificial reef at Formentera Island (Balearic Islands, western Mediterranean). *Hydrobiologia* 385: 139-152.

Coll, J., Linde, M., Garcia-Rubies, A., Riera, F., & Grau, A.M. (2004). Spear fishing in the Balearic Islands (west central Mediterranean): species affected and catch evolution during the period 1975-2001. *Fisheries Research*, 70, 97–111. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.05.004>

Condini MV, Albuquerque CQ, Garcia AM (2014a). Age and growth of dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) (Perciformes: Epinephelidae) in the southwestern Atlantic, with a size comparison of offshore and littoral habitats. *Fish Bull* 112:311–321

Condini MV, Fa ´varo LF, Varela AS Jr, Garcia AM (2014b). Reproductive biology of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) at the southern limit of its distribution in the south-western Atlantic. *Mar Freshw Res* 65:142–152

Condini MV, Garcia AM, Vieira JP (2007). Perfil do pescador edescricao da pesca da garoupa (Pisces, Serranidae) no Molhe Oeste da Barra de Rio Grande, RS. PANAMJAS 2:279–287

Condini MV, Hoeninghaus DJ, Garcia AM (2015) Trophic ecology of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Actinopterygii, Epinephelidae) in littoral and neritic habitats of southern Brazil as elucidated by stomach contents and stable isotope analyses. Hydrobiologia 743:109–125

Condini MV, Seyboth E, Vieira JP, Varela AS Jr, Barreiros JP, Favaro LF, Garcia AM (2013). First record of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Actinopterygii: Epinephelidae) undergoing sexual transition in the South Western Atlantic, Brazil. Hidrobiológica 23:448–451

Condini MV, Veitez-Rubio GM, Fallabrino A, Garcia AM (2016a). First occurrence of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in a Marine Protected Area on the Uruguayan coast. Cah Biol Mar 57(2):179–182 Rev Fish Biol Fisheries (2018) 28:301–330

Condini, M.V., García-Charton, J.A. & Garcia, A.M. (2018). A review of the biology, ecology, behavior and conservation status of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834). Rev Fish Biol Fisheries 28, 301–330 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9502-1>

Craig M.T. & Hastings P.A. 2007. A molecular phylogeny of the groupers of the subfamily Epinephelinae (Serranidae) with a revised classification of the Epinephelini. Ichthyol Res, 54: 1–17.

Craig, M., Y.J.S. de Mitcheson & P.C. Heemstra. 2011. Groupers of the world: a field and market guide. North America: CRC Press/Taylor and Francis Group. 356 p.

Cunha ME, Quental H, Barradas A, Pousao-Ferreira P, Cabrita E, Engrola S (2009). Rearing larvae of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), (Pisces: Serranidae) in a semi-extensive mesocosm. Sci Mar 73:201–212

Dalla Valle, L., Zanella, L., Patarnello, P., Paolucci, L., Belvedere, P., & Colombo, L. (2000). Development of a sensitive diagnostic assay for fish nervous necrosis virus based on

RT-PCR plus nested PCR. *Journal of Fish Diseases*, 23(5), 321–327. doi:10.1046/j.1365-2761.2000.00255.x

Dalzell P., (1998). The role of archaeological and cultural-historical records in long-range coastal fisheries resources management strategies and policies in the Pacific Islands. *Ocean Coast Manag* 40:237–252

Derbal, F., et Kara, M.H. (1995). Habitat et comportement du mérour *Epinephelus marginatus* dans la région d'Annaba (Algérie). *Cahiers de biologie marine*, 36, 29-32. <http://www.vliz.be/en/imis?refid=66074>

Derbal, F., et Kara, M.H. (1996). Alimentation estivale du mérour *Epinephelus marginatus* (Serranidae), des côtes est algériennes. *Cybium* ,20 (3), 295-301. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=3262814>

Derbal F. & Kara M.H. 2001. Inventaire des poissons des côtes de l'Est algérien. *Rap. Com. Int. Exp. Sci. Mer. Med. CIESM*, 36: 258.

Derbal, F., Thibaut, T., Francour, P., et Kara, M.H. (2007). Habitat, comportement et démographie de la badèche *Epinephelus costae* (Steindachner, 1875) dans deux localités du Golfe d'Annaba. *2nd International Symposium on the Mediterranean Groupers*, May 2007, Nice, France: 155

Derbal F., Francour P., Thibault T. & Kara M.H. 2013. Ecologie des sars *Diplodus cervinus cervinus* (Lowe, 1838) et *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777), de la badèche *Epinephelus costae* (Steindachner, 1875) et du corb *Sciaena umbra* (Linnaeus, 1758) dans le golfe d'Annaba (Est, Algérie). *Nat. Technol*, 8: 2-11.

Devedjian K (1915) Balik ve balıkc ılık (Fish and fisheries). Istanbul

Diatta Y., Bouain A., Clotilde-Ba F.L. & Capape C. 2003. Diet of four serranid species from the Senegalese coast (eastern tropical Atlantic). *Acta Adriat*, 44(2): 175-182.

Dieuzeide R. Nouvelle M. & Roland J. 1954. Catalogue des poissons des côtes algériennes. II- Ostéoptérygiens. *Bull. Stn. Agric. Pêche Castiglione* n. s., Alger : 258p.

Djabali F., Brahmi B. & Mamass M. 1993. Poissons des côtes algériennes. *Pelagos*, numéro spécial, 215 p.

- Dulcic, J. and Grbec, B. 2000.** Climate change and Adriatic ichthyofauna. *Fisheries Oceanography* 9(2): 187-191.
- Dulcic, J., Tutman, P. and Caleta, M. 2006.** Northernmost occurrence of the white grouper, *Epinephelus aeneus* (Perciformes: Serranidae), in the Mediterranean area. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 36(1): 73-75.
- Estudillo C.B. & Duray M.N. 2003.** Transport of hatchery-reared and wild grouper larvae, *Epinephelus sp.* *Aquaculture* 219: 279-290.
- Frerichs, G.N., Rodger, H.D., & Peric, Z., 1996.** Cell culture isolation of piscine neuropathy nodavirus from juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Journal of general virology* 77:2067–2071. Doi:[10.1099/0022-1317-77-9-2067](https://doi.org/10.1099/0022-1317-77-9-2067)
- Frerichs G.N., Tweedie A., Starkey W.G. & Richards R.H. (2000).** Temperature, pH, and electrolyte sensitivity, and heat, UV and disinfectant inactivation of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) neuropathy nodavirus. *Aquaculture*, 185, 13–24.
- FAO (2015).** FAO FishStatJ: Landings reports from 1950–2013. FAO, Rome
- Feghaoui A. (2009).** Ecobiologie et exploitation du mérrou brun *Epinephelus marinus* (Lowe, 1834) de la côte Oranaise. [*Mémoire de magister, université d’Oran Es Sénia*]. [TH3097.pdf \(univ-oran1.dz\)](#). 87 P.
- Figueiredo JL, Menezes NA .1980.** Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo
- Fennessy S.T. 2006.** Reproductive biology and growth of the yellow belly rockcod *Epinephelus marginatus* (Serranidae) from South-East Africa. *Afr. J. Mar. Sci*, 28(1): 1-11.
- Fischer W., Schneider M. & Bauchot M. L. 1987.** Fiches FAO d’identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. *Zone de pêche* 37, Vol. 1 et 2, 762 p et 660 p.
- Forcada A., Bayle-Sempere J.T., Valle C. & Sánchez-Jerez P.2008.** Habitat continuity effects on gradients of fish biomass across marine protected area boundaries. *Mar. Environ. Res*, 66: 536-547.

- Froese R., (2006)** Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J Appl Ichthyol* 22:241–253
- Furusawa R., Okinaka Y., Uematsu K. & Nakai T. (2007).** Screening of freshwater fish species for their susceptibility to a betanodavirus. *Dis. Aquat. Org.*, 77, 119–125.
- Gayanilo F-C., Sparre P., et Pauly D., 2005.** FAO-ICLARM Outils d'évaluation des stocks II (FISAT II). Version révisée. Guide d'utilisation. *FAO Série informatique. Pêche. No. 8, Version révisée. Rome, FAO : 190 p.*
- GEM., (2015).** Nodavirous infections in the grouper. Synthesis and warning. http://www.gemlemrou.org/cms/images/stories/GEM/Accueil/Nodavirus_infection_Grouper.pdf
- Gerhardinger LC, Freitas MO, Bertoncini AA, Hostim-Silva M (2006)** Collaborative approach in the study of the reproductive biology of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Perciformes: Serranidae). *Acta Sci Biol Sci* 28:219–226
- Gibran FZ (2007)** Activity, habitat use, feeding behavior, and of four sympatric species of Serranidae (Actinopterygii: Perciformes) in southeastern Brazil. *Neotrop Ichthyol* 5:387–398
- Glamuzina B, Skaramuca B, Glavic N, Kozul V, Dulcic J, Kraljevic M (1998).** Egg and early larval development of laboratory reared dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae). *Sci Mar* 62:373–378
- Glamuzina B., Glavić N., Skaramuca B. & Kožul V. 1998b.** Induced sex reversal of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe). *Aquacult Res*, 29: 563-567.
- Glamuzina B., Skaramuca B., Glavić N. & Kožul V. 1998c.** Preliminary studies on reproduction and early life stages in rearing trials with dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Aquacult Res*, 29: 769-771.
- Glamuzina B., Glavic N., Tutman P., Kozul V., Skaramuca B. 2000.** Egg and early larval development of laboratory reared goldblotch grouper, *Epinephelus costae* (Steindachner, 1878) (Pisces, Serranidae). *Sci. Mar*, 64(3): 341-345.
- Glamuzina, B. & Skaramuca B. 1999.** A review: Adriatic groupers- status of natural populations and breeding perspectives. *Acta Adriat*, 40 (Suppl.): 79-90.

Glamuzina B., Glavic N., Skaramuca B., Kozul V. & Tutman P. 2001. Early development of the hybrid *E. costae* female X *E. marginatus* male. *Aquaculture*, 198: 55-61.

Glamuzina B., Tutman P., Conides A.J., Kozul V., Glavic N., Bolotin J., Lucic D., Onofri V. & Skaramuca B. 2003. Preliminary results on growth and feeding of wild-caught young goldblotch grouper *Epinephelus costae* in captivity. *J. Appl. Ichthyol*, 19(4): 209-214.

Ghorbel M., Jarbaoui O., et Bouan A., 1997. Evaluation du stock de pageot (*Pagellus erythrinus*, *Sparidae*) dans le Golfe de Gabès (Tunisie) par analyse de pseudo-cohorte. *Cybiu*, 21 (1) : 55-65.

Gomez S, Lloret J, Demestre M, Riere V (2006). The decline of the artisanal fisheries in Mediterranean coastal areas: the case of Cap de Creus (Cape Creus). *Coast Manag* 34:217–232

Gordoa A., Moloa B. & Raventoas N. 2000. Growth performance of four wrasse species on the north-western Mediterranean coast. *Fish. Res*, 45: 43-50.

Göthel H. 1992. Fauna marina del Mediterráneo. *Ediciones Omega*, S.A., Barcelona. 319 p.

Gracia L. V. 1996. Estudio de la biología y posibilidades de cultivo de diversas especies del género *Epinephelus*. PhD. Thesis Universitat de Barcelona. Barcelona.

Gracia López V. & Castelló-Orvay F. 2005. Food habits of groupers *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) and *Epinephelus costae* (Steindachner, 1878) in the Mediterranean Coast of Spain. *Hidrobiológica*, 15(1): 27-34.

Haddad-Boubaker S, Boughdir W, Sghaier S, Ben Souissi J, Megdich A, Dhaouadi R, Abdelkader A, Panzarin V, Fakhfakh E (2014). Outbreak of viral nervous necrosis in endangered fish species *Epinephelus costae* and *E. marginatus* in Northern Tunisian coasts. *Fish Pathol* 49:53–56.

Harmelin JG (2013). Le merou brun et le corb: deux Grands Témoins de 50 ans de protection du milieu marin dans le Parc national de Port-Cros (France, Méditerranée). *Sci Rep Port Cros Natl Park* 27:263–277

Harmelin JG, Harmelin-Vivien ML (1999). A review on habitat, diet and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Mar Life* 9:11 20

- Hassin S., De Monbrison D., Hanin Y., Elizur A., Zohar Y., Popper D.M., 1997.** Domestication of the white grouper *Epinephelus aeneus*. 1. Growth and reproduction. *Aquaculture*, 156: 305-316.
- Heemstra PC (1991).** A taxonomic revision of the Eastern Atlantic groupers (Pisces: Serranidae). *Bol Mus Mun Funchal* 43(226):5–71
- Heemstra PC, Randall JE (1993).** FAO species catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae): an annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper lyretail species known to date. FAO fisheries synopsis no. 125, vol 16. FAO, Rome
- Hereu B, Diaz D, Pasqual J, Zabala M, Sala E (2006).** Temporal patterns of spawning of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* in relation to environmental factors. *Mar Ecol Prog Ser* 325:187–194
- Hile R. 1970.** Body-scale relation and calculation of growth in fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 99(3): 468-474.
- Hossu B. & Salnur S. 2007.** Embryonic and Larval Development of White Grouper (*Epinephelus aeneus*, Bloch, 1793). *2nd Symposium on Mediterranean Groupers Francour P., Gratiot J. (eds). Nice.* Pp101.
- Irigoyen AJ, Galvan DE, Venerus LA., (2005).** Occurrence of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in gulfs of northern Patagonia, Argentina. *J Fish Biol* 67:1741–1745
- IUCN (2017).** Red list guiding conservation for 50 years. [http:// www.iucnredlist.org/](http://www.iucnredlist.org/).
- Jearld A. Jr. 1983.** Age determination. Pages 301-324. In: L. A. Nielsen & D. L. Johnson, editors. Fisheries techniques. *Am. Fish. Soc.*, Bethesda, Maryland.
- Iwamoto T., Mise K., Mori K., Arimoto M., Nakai T. & Okuno T. (2001).** Establishment of an infectious RNA transcription system for striped jack nervous necrosis virus, the type species of the betanodavirus. *J. Gen. Virol.*, 82, 2653–2662. IWAMOTO T., OKINAKA Y.,
- Mise K., Mori K., Arimoto K., Okuno T. & Nakai T. (2004).** Identification of host-specificity determinants in betanodaviruses by using reassortants between striped jack nervous necrosis virus and sevenband grouper nervous necrosis virus. *J. Virol.*, 78, 1256–1262

- Johansen R., Rove S., Svendsen N.A.K., Modahl I. & Dannevig B. (2004).** A sequential study of pathological findings in Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*(L), throughout one year after an acute outbreak of viral encephalopathy and retinopathy. *J. Fish Dis.*, 27, 327–341
- Keskin C (2010).** A review of fish fauna in the Turkish Black Sea. *J Black Sea Mediterr Environ* 16(2):195–210
- Knibb, W., Luu, G., Premachandra, H., Lu, M.W., & Nguyen, N.H. (2017).** Regional genetic diversity for NNV grouper viruses across the Indo-Asian region implications for selecting virus resistance in farmed groupers. *Scientific Reports*, 7, 10658. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11263-4>
- Kouassi KD, N'Da K, Soro Y (2010).** Fréquence de taille et relation taille-poids des mérus (*Epinephelidae*) de la pêche artisanale maritime ivoirienne. *Int J Biol Chem Sci* 4(3):757–769
- La Mesa G, Louisy P, Vacchi M (2002).** Assessment of microhabitat preferences in juvenile dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) by visual sampling. *Mar Biol* 140(1):175–185
- Lembo G, Spedicato MT, Okland F, Carbonara P, Fleming IA, McKinley RS, Thorstad EB, Sisak M, Ragonese S (2002).** A wireless communication system for determining site fidelity of juvenile dusky groupers *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) using coded acoustic transmitters. *Hydrobiologia* 483:249–257
- Linde M, Grau AM, Riera F, Massuti-Pascual E., (2004).** Analysis of trophic ontogeny in *Epinephelus marginatus* (Serranidae). *Cybium* 28:27–35
- Lloret J, Font T., (2013).** A comparative analysis between recreational and artisanal fisheries in a Mediterranean coastal area. *Fish Manag Ecol* 20:148–160
- Lloret J, Zaragoza N, Caballero D, Font T, Casadevall M, Riera V., (2008).** Spearfishing pressure on fish communities in rocky coastal habitats in a Mediterranean marine protected area. *Fish Res* 94:84–91
- Lloret J., Sabates A., Munoz M., Demestre M., Sole I., Font T., Casadevall M., Martin P. and Gomez S. 2015.** How a multidisciplinary approach involving ethnoecology, biology and fisheries can help explain the spatio-temporal changes in marine fish abundance resulting from climate change. *Global Ecology and Biogeography* 24: 448-461.

- Lloris, D., Rucabado, J. and Figueroa, H. 1991.** Biogeography of the Macaronesian Ichthyofauna (The Azores, Madeira, The Canary islands, Cape Verde and the African enclave). *Boletim do Museu Municipal do Funchal* 43(234): 191-241.
- Lampert, Y., Berzak, R., Davidovich, N., Diamant, A., Stern, N., Scheinin, A.P., Tchernov, D., Morick, D. (2020).** Indigenous versus Lessepsian Hosts: Nervous Necrosis Virus (NNV) in Eastern Mediterranean Sea Fish. *Viruses*, **12**, 430. <https://www.mdpi.com/1999-4915/12/4/430/htm>
- Iwamoto, T., Nakai, T., Mori, K., Arimoto, M., & Furusawa, I. (2000).** Cloning of the fish cell line SSN-1 for piscine nodaviruses. *Diseases of Aquatic Organisms*, **43**, 81-89. Doi: 10.3354/dao043081
- Kalyaanamoorthy, S., Minh, B. Q., Wong, T. K. F., von Haeseler, A., & Jermiin, L. S. (2017).** *ModelFinder: fast model selection for accurate phylogenetic estimates. Nature Methods*, **14**(6), 587–589. doi:10.1038/nmeth.4285
- Kara M.H. & Derbal F. 1995.** Morphométrie, croissance et mortalités du mérour *Epinephelus marginatus* (Serranidae) des côtes de l'est algérien. *Cah. Biol. Mar*, **36**: 229-237.
- Kara M.H. & Derbal F. 1998.** Exposé synoptique des données biologiques sur le mérour *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) des côtes algériennes. In Symposium International sur les Méroues de Méditerranée. Proc of a Symposium, 5-7 nov. 1998, at Ile des Embiez, France, *Mém. Inst. Oceanogr.* P. Ricard: 95-102.
- Kara M.H. & Derbal F. 1999.** Données biologiques sur le mérour *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) des côtes algériennes. *Mar. Life*, **9**(2): 21-27.
- Kara, M.H., Chaoui, L., Derbal, F., Zaidi, R., De Boisseson, C., Baud, M., & Bigarre, L. (2014).** Betanodavirus-associated mortalities of adult wild groupers *Epinephelus marginatus* (Lowe) and *Epinephelus costae* (Steindachner) in Algeria. *Journal of Fish Diseases*, **37**, 273-278. <https://doi.org/10.1111/jfd.12020>
- Knibb, W., Luu, G., Premachandra, H., Lu, M.W., & Nguyen, N.H. (2017).** Regional genetic diversity for NNV grouper viruses across the Indo-Asian region implications for selecting virus resistance in farmed groupers. *Scientific Reports*, **7**, 10658. Doi : <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11263-4>
- Kouassi K.D., N'da K. & Diaha N.C., (2010).** Régime alimentaire du mérour blanc *Epinephelus aeneus* (Serranidae), de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire. *Cybiurn*, **34**(3): 263-268.

Kumar, S., Stecher, G., et Tamura, K. (2016). MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33,1870-1874. Doi: <https://doi.org/10.1093/molbev/msw054>

Koven W., Ben-Atia I., Lutzky S, Nixon O, Tandler A., (2007). Food particle size and photoperiod are critical factors in first feeding white grouper (*Epinephelus aeneus*) larvae. 2nd Symposium on Mediterranean Groupers Francour P., Gratiot J. (eds). Nice, 109-111.

Le Breton, A., Grisez, L., Sweetman, J., Ollevier, F. (1997). Viral nervous necrosis (VNN) associated with mass mortalities in cage-reared sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Journal of Fish Diseases*, 20,145–151. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1997.00284.x>

Le Cren E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol*, 20: 210-219.

Lea E. 1910. On the methods used in the herring investigation. *Publ. Circ. Con. Int. Expl. Mer Copenhaguen*, 53: 7-175.

Lecointre G. & Le Guyader H. 2007. Classification phylogénétique du vivant. 559 p. Paris: Belin (3ème édition revue et augmentée).

Louisy P. 2002. Guide d'identification des poissons marins. Europe et Méditerranée. Paris: Eds. Eugène Ulmer, 430 p.

Louisy P., Ganteaume A. & Francour P. 2007. Les relations des espèces de mérus à leur habitat : *E. marginatus*, *E. costae* et *M. rubra*, dans la région de Kas, Turquie, Méditerranée orientale. (eds). 2nd Symposium on Mediterranean Groupers. Francour, P. & Gratiot.Nice, France, May 10th - 13 th, 121-123.

Louisy P .2015. Guide d'identification des poissons marins Europe et Me'diterrane'e. Ulmer

Lupatsch I. & Kissil G.W. 2007. Influence of stocking density on growth and feed utilization of juvenile white grouper (*Epinephelus aeneus*) in culture.

Maggs JQ, Mann BQ, Cowley PD .2013a. Contribution of a large no-take zone to the management of vulnerable reef fishes in the South-West Indian Ocean. *Fish Res* 144:38–47

- Maggs JQ, Mann BQ, Cowley PD .2013b.** Reef fish display station-keeping and ranging behaviour in the Pondoland Marine Protected Area on the east coast of South Africa. *Afr J Mar Sci* 35(2):183–193
- Mahe´ K, Cochard ML, Que´ro JC, Sevin K, Bailly N, Tetard A .2012.** First record of *Epinephelus marginatus* (Serranidae: Epinephelinae) in the eastern English Channel. *Cybium* 36(3):485–486
- Mannino MA, Catalano G, Talamo S, Mannino G, Salvo R, Schimmenti V, Lalueza-Fox C, Messina A, Petruso D, Caramelli D, Richards MP, Sineo L .2012.** Origin and diet of the prehistoric hunter-gatherers on the Mediterranean island of Favignana (E` gadi Islands, Sicily). *PLoS ONE* 7(11):e49802. doi:10.1371/journal.pone.0049802
- Man-Wai, R. and J.-P. Quignard, 1984.** Les sars *Diplodus sargus* (Linnaeus 1758) du golfe du Lion: croissance et caractéristiques des débarquements aux criées de Sète et du Grau-du-Roi. *Rev. Trav. Inst. Peches Marit.* 46(3):173-194.
- Marino, G., & Azzurro, E., (2001).** Nodavirus in dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe,1834) of the Natural Marine Reserve of Ustica, South Thyrrenian sea. *Biol. Mar. Medit*, 8: 837-841.
- Marino G, Azzurro E, Massari A, Finoia MG, Mandich A (2001).** Reproduction in the dusky grouper from the southern Mediterranean. *J Fish Biol* 58:909–927
- Marino G, Panini E, Longobardi A, Mandich A, Finoia MG, Zohar Y, Mylonas CC (2003).** Induction of ovulation in captive reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained–release GnRH α implant. *Aquaculture* 219:841–858
- Martin P, Maynou F, Stelzenmuller V, Sacanell M .2012.** A small-scale fishery near a rocky littoral marine reserve in the northwestern Mediterranean (Medes Islands) after two decades of fishing prohibition. *Sci Mar* 76(3):607–618
- Mathieu-Tissot V., 1999.** Suivi saisonnier (printemps-e´te´) de la population de me´rous bruns *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) de la Re´serve naturelle marine de Cerbe`re-Banyuls-sur-Mer. *Mar Life* 9:55–62

- Maurin C., 1968.** Ecologie ichtyologique des fonds chalutables atlantiques (de la baie liberomarocaine à la Mauritanie) et de la Méditerranée occidentale. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 32 (1): 1-147.
- Machado L, Bertoncini A, Hostim-Silva M, Barreiros JP .2003.** Habitat use by the juvenile dusky grouper *Epinephelus marginatus* and its relative abundance, in Santa Catarina, Brazil. *J Ichthyol Aquat Biol* 6:133–138
- Magnússon, J. and J.V.V. Magnússon, 1987.** ICEIDA/Cape Verde Islands Fisheries Project. Survey of demersal fish resources in the waters off Cape Verde Islands. IV. Report: summary of information on species. Icelandic International Development Agency/Marine Research Institute. 114 p.
- Maltese C. & Bovo G. (2007).** Viral encephalopathy and retinopathy. *Ittiopatologia*, 4, 93-146
- Meinesz A., Bianconi C.H., Miniconi R. 1990.** Une troisième espèce de mérou dans la réserve naturelle de Scandola : la badèche (*Epinephelus alexandrinus*). *Trav. Sci. Parcnat. rég. Rés. Nat. Corse. Fr.*, 26: 57-60.
- Meunier F.J., Pascal M. & Loubens G. 1979.** Comparaison de méthodes squelettochronologiques et considérations fonctionnelles sur le tissu acellulaire d'un ostéichthyen du lagon néo-calédonien (*Lethrinus nebulosus*) (Forsk., 1775). *Aquaculture*, 17: 137-157.
- Morales-Nin, B., Moranta, J., García, C., Tugores, M. P., Grau, A. M., Riera, F., et Cerdà, M. (2005).** The recreational fishery off Majorca Island (western Mediterranean): some implications for coastal resource management. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 727-739. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.01.022>
- Moreno, P., Oliveira, J. G., Labella, A., Cutrín, J. M., Baro, J. C., Borrego, J. J., & Dopazo, C. P. (2014).** Surveillance of viruses in wild fish populations in areas around the Gulf of Cadiz (South Atlantic Iberian Peninsula). *Applied and Environmental Microbiology*, 80, 6560–6571. <https://doi.org/10.1128/AEM.02090-14>
- Mori K., Nakai T., Muroga K., Arimoto M., Mushiake K. & Furusawa I. (1992).** Properties of a new virus belonging to Nodaviridae found in larval striped jack (*Pseudocaranx dentex*) with nervous necrosis. *Virology*, 187, 368– 371

- Mori, K., Ma, W., Gething, M.-J., & Sambrook, J. (1993).** A transmembrane protein with a cdc2+CDC28-related kinase activity is required for signaling from the ER to the nucleus. *Cell*, 74(4), 743–756. doi:10.1016/0092-8674(93)90521-q
- Mori K, Mushiake K. & Arimoto M. (1998).** Palindrome with spacer of one nucleotide is characteristic of the cis-acting unfolded protein response element in *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biol Chem* 273(16):9912-20
- Mori, Y., Sato, Y., & Takamatsu, S. (2000).** Evolutionary Analysis of the Powdery Mildew Fungi Using Nucleotide Sequences of the Nuclear Ribosomal DNA. *Mycologia*, 92(1), 74-93. doi:10.2307/3761452
- Mori, Y., Yamamoto, T., Sakaguchi, N., Ishibashi, T., Furukawa, T., Kadota, Y., ... Sakaguchi, K. (2005).** Characterization of the origin recognition complex (ORC) from a higher plant, rice (*Oryza sativa* L.). *Gene*, 353(1), 23–30. doi:10.1016/j.gene.2005.03.047
- Miniconi R. 1989.** Les poissons et la pêche en Corse. Diplôme de Recherches Universitaires, *Univ. Aix-Marseille*, 2: 1-504.
- Miniconi R., Francour P., Bianconi C.H. 1990.** Inventaire de la faune ichthyologique de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée nord-occidentale). *Cybium*, 14(1): 77-89.
- Millot C., 1989.** La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos connaissances et projet d'étude. *Annales de géographie*, 549 : 497-515.
- Millot, C. (1999).** - Circulation in the Western Mediterranean. *J. Mar. Sys.*, 20 : 423-442.
- Millot, C., Benzohra, M., et Taupier-Letage, I. (1997).** - Circulation of Algeria inferred from the Mediproduct V current meters. *Deep Sea Res. I*, 44 (9-10) : 1467-1495.
- Moranta J., Palmer M., Morey G., Ruiz A. & Morales-Nin B. 2006.** Multi-scale spatial variability in fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* meadows in the Western Mediterranean Sea. *Estuar. Coast. Shelf. Sci*, 68:579-592.
- Mori, K., T. Nakai, K. Muroga, M. Arimoto, K. Mushiake and I. Furusawa., 1992.** Properties of a new virus belonging to Nodaviridae found in larval striped jack (*Pseudocaranx dentex*) with nervous necrosis. *Virology*, 187,368-371.
- Munday, B.L., Kwang, J., et Moody, N. (2002).** Betanodavirus infections of teleost fish: a review. *Journal of Fish Diseases*, 25, 127–142. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2002.00350.x>
- Muniesa, A., Basurco, B., Aguilera, C., Furones, D., Reverté, C., Sanjuan-Vilaplana, A., Jansen M.D., Brun E., & Tavoranpanich, S. (2020).** Mapping the knowledge of the main

diseases affecting sea bass and sea bream in Mediterranean. *Transboundary and Emerging Diseases*, 1–12. <https://doi.org/10.1111/tbed.13482>

Nguyen, L.T., Schmidt, H.A., Von Haeseler, A., & Minh, B.Q. (2015). IQ-TREE: A fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum-likelihood phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*, **32**, 268-274. <https://doi.org/10.1093/molbev/msu300>

Nishizawa, T., K. Mori, T. Nakai, I. Furusawa and K.Muroga., 1994. Polymerase chain reaction (PCR) amplification of RNA of striped jack nervous necrosis virus (SJNNV). *Dis. Aquat. Org.* (in press).

Nishizawa, S., Benkelfat, C., Young, S. N., Leyton, M., Mzengeza, S., de Montigny, C., P. Blier & Diksic, M., 1997. Differences between males and females in rates of serotonin synthesis in human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *94*(10), 5308–5313. doi:10.1073/pnas.94.10.5308

Oliver G., 1986. Cycloplectanum riouxi n. sp., une nouvelle espèce de Diplectanidae (Monogenea, Monopisthocotylea) parasite d'*Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Serranidae). *Syst Parasitol* 8:317–322

OIE (Office International des Epizooties). (2019). OIE manual of diagnostic tests for aquatic animals 2017. *World Organization for Animal Health, Paris*. www.oie.int/en/standard-setting/aquatic-manual/ access-online/

Ozen MR, Blacı BA., 2011. Reproductive characteristics of dusky grouper (*Epinephelus guaza*, Linnaeus, 1758) in Antalya Bay of Eastern Mediterranean. *Pak Vet J* 31(3):215–218

Panfili J, De Pontual H, Troadec H, Wright P., 2002. Manual of fish sclerochronology. Ifremer-IRD coedition, Brest, France; 2002.

Panzarin, V., Fusaro, A., Monne, I., Cappellozza, E., Patarnello, P., Bovo, G., Capua, I., Holmes, E.C., et Cattoli, G. (2012). Molecular epidemiology and evolutionary dynamics of betanodavirus in southern Europe. *Infection, Genetics and Evolution*, *12*, 63–70. Doi: [10.1016/j.meegid.2011.10.007](https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.10.007)

Panzarin, V., Toffan, A., Abbadi, M., et Buratin, A. (2016). Molecular basis for antigenic diversity of genus Betanodavirus. *Public Library of Science ONE* *11*, e0158814. Doi:[10.1371/journal.pone.0158814](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158814)

Parenti P. et Bressi N. (2001). First record of the orange-spotted grouper *Epinephelus coioides* (Perciformes: Serranidae) in the Northern Adriatic Sea. *Cybium*, *25*(3): 281–284.

Pauly D., et Moreau J., 1997. Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. *Collection POLYTECH de l'I.N.P. de Toulouse, Cépaduès-Éditions, France : 288 p.*

Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39 (3) : 175-192.

Pierre S., Gaillard S., Prévot-D'Alvise N., Aubert J., Rostaing-Capaillon O., Leung-Tack D. et Grillasca J.P., (2007). Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials. *Aquat. Conserv. Mar. Fresh. Ecol.* 18: 297–308.

Pirarat, N., Katagiri, T., Maita, M., Nakai, T., & Endo, M. (2009). Encéphalopathie et rétinoopathie virales chez le poisson-lime juvénile élevé en écloserie (*Stephanolepis cirrhifer*). *Aquaculture*, **288 (3-4)**, 349-352. <https://doi.org/10.1016/J.aquaculture.2008.12.014>

Perkins, H., et Pistek, P. (1990). - Circulation in the Algerian basin during June 1986. *J. Geophys. Res.*, 95 (C2) : 1577-1585.

Pollard, D.A., Francour, P. & Fennessy, S. 2018. *Epinephelus aeneus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T132722A100459597. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T132722A100459597.en>

Psomadakis, P.N., Giustino, S. and Vacchi, M. 2012. Mediterranean fish biodiversity: an updated inventory with focus on the Ligurian and Tyrrhenian seas. *Zootaxa* 3263: 1-46.

Reid K, Crochelet E, Bloomer P, Hoareau TB., 2016. Investigating the origin of vagrant dusky groupers, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), in coastal waters of Reunion Island. *Mol Phylogenet Evol* 103:98–103

Rafaïl S.Z., Daoud W.L. & Hilal M. M. 1969. Long line Mediterranean fisheries studies west of Alexandria. *Stud. Rev. gen. Fish. Counc. Mediterr*, 42: 3-16.

Rafaïl, S.Z., 1972. A statistical study of length-weight relationship of eight Egyptian fishes. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish. (Cairo)* 2:136-156.

Raimbault, P., Costa, A., Boulahdid, M., et Boudjellal, B., 1993. - Origin of high phytoplankton concentration in deep chlorophyll maximum (DCM) in a frontal region of southern Mediterranean Sea. *Deep Sea Res.*, 40 (4) : 791-804.

Randall JE., 1995. Coastal fishes of Oman. University of Hawaii Press, Honolulu.

Refes W., Semahi N. & Boulahdid M. 2010. Diversité et biogéographie de l'ichtyofaune orientale de la côte algérienne. *J. Sci. Hal. Aquat.*, 3: 54-66.

Reñones O., Polunin N.V.C. & Goni R. 2002. Size related dietary shifts of *Epinephelus marginatus* in a western Mediterranean littoral ecosystem: An isotope and stomach content analysis. *J. Fish. Biol.*, 61: 122-137.

Reñones O., C. Piñeiro X. Mas & Goñi R. 2007. Age and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) in an exploited population of the western Mediterranean Sea. *J. Fish. Biol.*, 71: 346-362.

Reñones, O., Grau, A., Mas, X., Riera, F., Saborido-Rey, F. (2010). Reproductive pattern of an exploited dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) (Pisces: Serranidae) population in the western Mediterranean. *Scientia Marina*, 74, 523–537.
<https://doi.org/10.3989/scimar.2010.74n3523>

Rico MR, Acha EM (2003). Southernmost occurrence of *Ephinephelus marginatus* in the south-west Atlantic. *J Fish Biol* 63:1621–1624.

Rosello´ E, Morales A., 1990. La ictiofauna del yacimiento tarté ´sico de la calle del Puerto, número 10 (Huelva): consideraciones generales. *Espacio, Tiempo y Forma, S.I. Prehist Arqueol* 3:291–298

Rosfeldder, A., 1955. Carte provisoire au 1/500.000ème de la marge continentale algérienne. Note de présentation. *Pub. Ser. Carte Géol. Algérie*, n° 5 : 57-106.

Riutort J J., 2012. Premier signalement d'*Epinephelus aeneus* (Geoffroy St.Hilaire, 1817) (Perciformes, Serranidae) dans les eaux méditerranéennes françaises. *January 2012 Bulletin de la Société des sciences historiques et naturelles de la Corse* 738-739:183-192

Sadovy de Mitcheson, Y., Craig, M.T., Bertoncini, A.A., Carpenter, K.E., Cheung, W.W. L., Choat, J.H., Cornish, A.S., Fennessy, S.T., Ferreira, B.P., Heemstra, P.C., Liu, M., Myers, R.F., Pollard, D.A., Rhodes, K.L., Rocha, L.A., Russell, B.C., Samoilys M.A., & Sanciangco, J. (2012). Fishing groupers towards extinction: a global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery. *Fish and Fisheries*, 14, 119–136.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00455.x>

Sano, M., Nakai, T., et Fijan, N. (2011). Viral diseases and agents of warmwater fish. In: Woo PTK, Bruno DW (eds). *Fish diseases and disorders, Vol 3. CABI, Wallingford*, 166–244

Schunter C, Carreras-Carbonell J, Planes S, Sala E, Ballesteros E, Zabala M, Harmelin JG, Harmelin-Vivien M, Macpherson E, Pascual M (2011). Genetic connectivity patterns in an endangered species: the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*). *J Exp Mar Biol Ecol* 401:126–133

Secor DH, Trice TM (1995). Validation of otolith-based ageing and a comparison of otolith and scale-based ageing in markrecaptured Chesapeake Bay striped bass, *Marone saxatilis*. *Fish Bull* 93:186–190

Seyboth E, Conдини MV, Albuquerque CQ, Varela AS Jr, Velasco G, Vieira JP, Garcia AM., (2011) Age, growth, and reproductive aspects of the dusky grouper *Mycteroperca marginata* (Actinopterygii: Epinephelidae) in a man-made rocky habitat in southern Brazil. *Neotrop Ichthyol* 9:849–856

Smale MJ (1986) The feeding biology of four predatory reef fishes off the south-eastern Cape coast, South Africa. *S Afr, Tydskr Dierk* 21(2):111–130

Sparre, P., et Venema, S.C. (1996). - Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Partie 1-manuel. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306/1 Rev. 1: 1-401.

Spedicato MT, Contegiacomo M, Carbonara P, Lembo G, Boglione C (1998). Artificial reproduction of *Epinephelus marginatus* aimed at the development of restocking techniques. *Biol Mar Mediterr* 5:1248–1257

Stergiou K-I., et Papaconstantinou C., 1993. Natural mortality of red bandfish, *Cepola macrophthalmia* (L.), in the Aegean Sea (Greece): comparison of direct and indirect estimation methods. *Fisheries Research*, 16 : 347-361.

Stergiou K.I. & Karpouzi V.S. 2002. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Rev. Fish. Biol. Fish*, 11: 217-254.

Thiéry, R., Cozien, J., De Boisséson, C., Kerbart-Boscher, S., et Névarez, L., (2004). Genomic classification of new betanodavirus isolates by phylogenetic analysis of the coat

protein gene suggests a low host-fish species specificity. *Journal of General Virology*, 85, 3079–3087. <https://doi.org/10.1099/vir.0.80264-0>

Toffan, A., Panzarin, V., Toson, M., Cecchettin, K., Pascoli, F., (2016). Water temperature affects pathogenicity of different betanodavirus genotypes in experimentally challenged *Dicentrarchus labrax*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 119,231-238. <https://doi.org/10.3354/dao03003>

Toffan, A., Pascoli, F., Pretto, T., Panzarin, V., Abbadi, M., Buratin, A., Quartesan, R., Gijón, D., & Padrós, F. (2017). Viral nervous necrosis in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) caused by reassortant betanodavirus RGNNV/ SJNNV: an emerging threat for Mediterranean aquaculture. *Scientific Reports*, 7,46755. <https://doi.org/10.1038/srep46755>

Torchio M. 1963. Sulla mutabilità della colorazione in *Epinephelus alexandrinus* (Cuv. Val.) 1828 (Osteichthyes Serranidae). *Estratto dalla Rivista di Scienze Naturali, Nat*, 4: 6.

Tortonese E. 1973. Serranidae, p. 355-362. In: J.C. Hureau and Th. Monod (eds), Check-list of the Fishes of the North-eastern Atlantic and of the Mediterranean. 1: 1-683, *Uni. Nat. Educat. Sci. Cult. Organ, Paris*.

Tortonese E. 1975. Osteichthyes, (Pesci ossei). Parte Seconda. Edizioni Calderini, Bologna. *Fauna Italia*, 11: 1-636.

Tortonese E. 1986. Serranidae, p. 780-792. In: P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen, and E. Tortonese (eds). *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. 2: 515-1007.

Tucker J.W. Jr. 1994. Spawning by captive Serranid fishes: *A Review*. *J. world Aquac. Soc.*, 25: 345-354.

Tsikliras AC, Stergiou KI (2014). Size at maturity of Mediterranean marine fishes. *Rev Fish Biol Fish* 24:219–268

Vadiya V. 1984. Reproductive systems of *Epinephelus aeneus* and *Epinephelus alexandrinus* (Serranidae) from the Southeastern Mediterranean. *J. Ichthyol.*, 24(3): 77-81.

Vakily J.M., Camara S.B., Mendy A.N., Marques V., Samb B., Dos Santos A.J., Sheriff M.F., Ould Taleb Sidi M. and Pauly D. 2002. *Marine fishes of the North-West African sub-region. European Commission (EU), Brussels, Belgium.*

Valencia, J. M, Grau, A., Pretto, T., Pons, J., Jurado-Rivera J. A., Castro, J. A, Toffan, A., Catanese, G. (2019). Viral encephalopathy and retinopathy (VER) disease in *Epinephelus marginatus* from the Balearic Islands marine protected areas. *Diseases of Aquatic Organisms* 135, 49–58. Doi: <https://doi.org/10.3354/dao03378>

Vendramin, N., Patarnello, P., Toffan, A., Panzarin, V., Cappellozza, E., Tedesco, P., Terlizzi, A., Terregino, C., Cattoli, G. (2013). Viral Encephalopathy and Retinopathy in groupers (*Epinephelus* spp.) in southern Italy: a threat for wild endangered species?. *BMC Veterinary Research*, 9, 20. Doi: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-20>

Wadie, W.F., M.T. Hashem, M.Y. Mikail and A.A. Ezzat, 1981. Age and growth of *Epinephelus alexandrinus* in the Egyptian Mediterranean waters. *Bull. Inst. Oceanogr. ARE* 7:559-574.

Waschkewitz R., Wirtz P. 1990. Annual migration and return to the same site by an individual grouper, *Epinephelus alexandrinus* (Pisces, Serranidae). *J. Fish. Biol.*, 36(5): 781-782.

Whitehead D.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J. & Tortonese E. 1984-1986. Fishes of the north-eastern atlantic and Mediterranean. *UNESCO Ed., Paris*, 3: 1- 1473.

Welch TM, Van Den Avyle MJ, Betsill RK, Driebe EM (1993). Precision and relative accuracy of striped bass age estimates from otoliths, scales, and anal fin rays and spines. *N Am J Fish Manag* 13:616–620

Ximenes-Carvalho MO, Fonteles-Filho AA, Paiva MP (2012). Age and growth of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Epinephelidae), off Southeast Brazil. *Arq Cien Mar Fortaleza* 45(2):5–16

Zabala M, Garcia-Rubies A, Louisy P, Sala E (1997a). Spawning behavior of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci Mar* 61:65–77

Zabala M, Louisy P, Garcia-Rubies A, Gracia V (1997b). Sociobehavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci Mar* 61:79–98

Zaidi R., Derbal F. & Kara M.H. 2015. Régime alimentaire de la badèche *Epinephelus costae* (Serranidae) des côtes de l'Est algérien. *VIème Rencontres de l'Ichtyologie en France*. PP 125.

Zaidi R. (2016). Contribution à la biologie des badèches *Epinephelus costae* et *Mycteroperca rubra* (Serranidae) des côtes Est de l'Algérie. [*Thèse de doctorat, Badji Mokhtar Annaba University*]. <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2016/11/These-Zaidi-Raouf.pdf>.