



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



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

« **Aquaculture Durable** »

Thème

**Contribution à l'étude de l'âge, la croissance et la
reproduction de la rascasse *Scorpaena porcus* des côtes
de la ville d'El Kala**

Présenté Par : **ABADLIA Ryad & MAHRI Islem**

Soutenue publiquement le : 15/06/2026

devant le jury composé de :

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

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

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

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

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

DEDICACES

RIAD ET ISLEM

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

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

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

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

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Evolution mensuelle de l'accroissement marginal (AM) calculé à partir des écailles (mm) de <i>Scorpaena porcus</i> de la ville d'El Kala	24
02	Distribution des tailles réelles (en cm) dans les différents groupes d'âge d'après la scalimétrie chez la population totale de <i>Scorpaena porcus</i> des côtes de la ville d'El Kala. (CT: classes de tailles; N: effectif; Lt et Pt: longueur & poids totaux, M±E: moyenne ± écart-type)	26
03	Paramètres de Von Bertalanffy et indices de performance (ϕ) chez la population totale de <i>Scorpaena porcus</i> des côtes de la ville d'El Kala. PT : population totale, S: scalimétrie	26

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Morphologie externe de <i>Scorpaena porcus</i> des côtes de la ville d'El kala	06
02	Dispositif numérique de détermination de l'âge des poissons téléostéens	11
03	Evolution mensuelle de l'accroissement marginal (AM) mesuré sur les écailles de <i>Scorpaena porcus</i> de la ville d'El Kala	25
04	Croissances linéaires observées, chez la population totale de <i>Scorpaneae porcus</i> des côtes de la ville d'El Kala	27
05	Evolution mensuelle du RGS chez <i>Scorpaena porcus</i> des côtes d'El Kala	28
06	Evolution mensuelle du RHS chez <i>Scorpaena porcus</i> des côtes d'El Kala	29

SOMMAIRE

	Pages
Introduction Générale	
CHAPITRE I: Généralités	
1. Description de la famille des Scorpaenidés	
2. Caractères distinctifs de l'espèce <i>Scorpaena porcus</i>	
2.1. Position systématique	
2.2. Synonymie et noms vernaculaires	
2.3. Biologie et habitat	
2.4. Répartition et écologie	
3. Situation de la pêche de <i>Scorpaena porcus</i> en Algérie	
CHAPITRE II : AGE ET CROISSANCE	
1. Etude de l'âge par la SCALIMETRIE	
2. Prélèvement, préparation et observation des écailles	
3. Lecture d'âge	
4. Relation entre la longueur du poisson et le rayon de l'écaille	
5. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance	
6. Croissance rétrospective (rétrocalcul)	
7. Modélisation de la croissance	
7.1. Croissance linéaire absolue	
7.2. Croissance relative ou relation taille-poids	
7.3. Croissance pondérale absolue	
CHAPITRE III : REPRODUCTION	
1. Sex ratio	
2. Rapport gonado somatique	
2.1. Rapport hépato somatique	
2.2. Adiposité	
2.3. Coefficient de condition où indice pondéral	
VI. RESULTATS	
V. DISCUSSION	
CONCLUSION	

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Un pourcentage de 7% des espèces de poissons marins sont abritées à l'échelle universelle mais aussi plusieurs nombreuses espèces vivant dans des zones tempérées et tropicales (Bianchi et Morri, 2000).

La répartition géographique actuelle et l'existence des espèces ichthyologiques de la région, ont été violemment influencé par les précédentes conditions environnementales du bassin méditerranéen, dont ses crises d'assèchements successifs connues par la crise messénienne il y a 5 ou 6 millions d'années (Abdul-Malak et al., 2011).

La diversité ichthyologique est considérée à un nombre de 664 espèces méditerranéennes dont 86 Chondrichthyes et 575 Osteichthyes (Quignard et Tomasini, 2000). L'essentiel des espèces ichthyologiques sont recensées dans l'étage bathymétrique infralittorale qui héberge de divers complexes biotopes dont certains sont soumises aux actions anthropiques, tels que les fonds à coralligène et les herbiers à posidonie (Quignard et Tomasini, 2000 ; Abdul-Malak et al., 2011).

La pression croissante et l'introduction de plusieurs espèces poissons herculéennes (originaire d'atlantique) et lessepsiennes (originaire de la mer Rouge) (Boudouresque, 2005 ; Quignard, 2011) a causé une réduction considérable des espèces de poissons d'intérêt écologique et économique. Certaines sont devenues rares ou peu connues, comme l'atteste le livre rouge de l'UICN des poissons de Méditerranée (Abdul-Malak *et al.*, 2011), ou on observe que, 4% des espèces sont estimées menacés, 26 % sont datées comme données déficientes et 70% sont considérés comme espèces sans préoccupation majeure, (Abdul-Malak et al., 2011).

Sur les fonds accidentés (rochers et herbiers à posidonie), la famille des Scorpaenidae compte parmi les familles les mieux représentées (Derbal et Kara, 2010 ; Hannachi et *al.*, 2014 ; Boubeker et *al.*, 2018). Parmi les genres rattachés à cette famille, les rascasses du genre *Scorpaena* renferment environ 62 espèces valides (Froese et Pauly, 2016) qui abritent autant les mers tropicales que tempérées (Kuitert, 1993 ; Gomon et *al.*, 1994). Ciblées essentiellement par la pêche récréative et artisanale en Méditerranée, les rascasses *Scorpaena* sont considérées sans intérêt économique majeur, mais jouent un rôle écologique fondamental au sein des écosystèmes benthiques des substrats rocheux (Russell, 1983 ; La Mesa et *al.*, 2005).

La majorité des études portant sur le genre *Scorpaena* ont abordé des approches multidisciplinaires tels que la morphométrie (Miled-Fathalli *et al.*, 2019 ; Yedier & Bostanci, 2021 ; Bayhan *et al.*, 2022 ; Polin *et al.*, 2022), le régime alimentaire (Başçınar et Sağlam, 2009 ; Nazlić *et al.*, 2014 ; Rafrafi-Nouira *et al.*, 2016 ; Amzad Hossain et Furuichi, 2000 ; Aydin et Mazlum, 2020 ; Capezzuto *et al.*, 2020 ; Ferri et Matić-Skoko, 2021 ; Zhao *et al.*, 2021 ; Tripp-Valdez *et al.*, 2023), la toxicologie (Vidal Haddad *et al.*, 2003; Çulha *et al.*, 2016) et l'écologie (Sahin *et al.*, 2019).

Sur les côtes algériennes, les rascasses du genre *Scorpaena* restent des poissons côtiers relativement peu documentés par la recherche scientifique. En conséquence, les travaux disponibles demeurent limités et portent principalement sur quelques aspects spécifiques, tels que la biologie, la parasitologie ou encore l'exploitation de certaines espèces. À titre d'exemple, des études ont été consacrées à *Helicolenus dactylopterus* dans les zones chalutables (Ayadi *et al.*, 2017), à la parasito faune de *Scorpaena elongata* (Hamza *et al.*, 2007), ainsi qu'à certains traits biologiques de *Scorpaena porcus* (Mokrane et Zerouali-Khodja, 2011). Malgré cette relative rareté des études, les rascasses occupent une place écologique essentielle dans les écosystèmes benthiques côtiers. Elles participent activement à l'équilibre trophique, notamment au sein des herbiers de *Posidonia oceanica*, où elles jouent un rôle de prédateurs opportunistes. À l'instar d'autres téléostéens côtiers tels que les Sparidae, les Serranidae, les Mullidae ou les Labridae, elles contribuent au maintien de la structure et du fonctionnement des communautés marines (Derbal *et al.*, 2007 ; Benchalel *et al.*, 2010 ; Benchalel et Kara, 2013 ; Boughamou *et al.*, 2015 ; Hamida *et al.*, 2018).

Le but de cette étude est de récolté le maximum de données sur cette espèce de poisson peu connus biologiquement sur les côtes algériennes, l'âge des individus échantillonnais, le taux de leurs croissances et le cycle reproductive.

CHAPITRE I :

GENERALITES

Chapitre I : Généralités

1. Description de la famille des Scorpaenidés

La famille des Scorpaenidae regroupe un ensemble de poissons marins benthiques appartenant à l'ordre des Scorpaeniformes (ou Perciformes selon les classifications récentes). Elle constitue une famille cosmopolite comprenant plusieurs centaines d'espèces réparties dans les mers tropicales, subtropicales et tempérées du globe (Fricke et al., 2025). Les Scorpaenidés se caractérisent par un corps généralement comprimé latéralement, une tête volumineuse et fortement ossifiée, ainsi que la présence de nombreuses épines céphaliques et operculaires. Ces structures, souvent associées à des glandes à venin, confèrent à ces poissons un système de défense efficace contre les prédateurs.

Sur le plan écologique, les Scorpaenidés sont principalement des espèces démersales vivant en association avec des substrats rocheux, des récifs coralliens ou des herbiers marins. Leur coloration cryptique et leur morphologie irrégulière leur permettent de se camoufler efficacement dans leur environnement. Ce comportement de camouflage est associé à une stratégie de prédation à l'affût, basée sur la capture rapide de proies telles que les petits poissons et les crustacés. Ces espèces jouent ainsi un rôle important dans la structuration des communautés benthiques et dans le fonctionnement des écosystèmes marins côtiers.

2. Caractères distinctifs de l'espèce *Scorpaena porcus*

Scorpaena porcus, communément appelée rascasse noire, est une espèce typique de la famille des Scorpaenidés largement répandue en Méditerranée. Elle se distingue par une morphologie robuste, une tête large munie d'appendices cutanés et de nombreuses épines (**Fig 1**), ainsi qu'une coloration brun-rougeâtre marbrée facilitant son camouflage. Le corps est recouvert d'écaillés relativement grandes et la nageoire dorsale présente des rayons épineux venimeux, caractéristiques du groupe.

Cette espèce est également reconnaissable par la présence de tentacules au-dessus des yeux, une bouche orientée vers le haut et une ligne latérale bien développée. Sa taille reste généralement modeste, atteignant environ 15 cm de longueur totale. Comme chez les autres Scorpaenidés, les épines dorsales peuvent injecter un venin douloureux, ce qui constitue une adaptation défensive importante face aux prédateurs et aux perturbations environnementales.



Figure 1 : Morphologie externe de *Scorpaena porcus* des côtes de la ville d'El kala.

2.1. Position systématique

Règne : Animalia

Embranchement : Chordata

Super-classe : Osteichthyes

Classe : Actinopterygii

Infraclasse : Teleostei

Ordre : Scorpaeniformes

Famille : Scorpaenidae

Genre : Scorpaena

Espèce : *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758)

2.2. Synonymie et noms vernaculaires

L'espèce *Scorpaena porcus* a été décrite par Linnaeus en 1758. Elle est connue sous plusieurs noms vernaculaires selon les régions, notamment « rascasse noire » en français, « black scorpionfish » en anglais, « scorfano nero » en italien, Rascacio de roca en Espagnol ou Rascasso de pintas au Portugal.

Ces noms ont été utilisés par le passé, mais *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) est le nom valide actuel.

Cottus massiliensis (Gmelin, 1778)

Scorpena porcus (Blach, 1788 - orthographe incorrecte)

Scorpaena rascassa (Lacepède, 1801)

Scorpaena erythraea (Cuvier, 1829)

2.3. Biologie et Habitat

Scorpaena porcus est une espèce démersale, sédentaire et généralement solitaire. Elle fréquente principalement les zones côtières rocheuses, les fonds couverts d'algues et les herbiers de *Posidonia oceanica*. Sa distribution bathymétrique est large, allant des faibles profondeurs jusqu'à plusieurs centaines de mètres, bien qu'elle soit plus abondante dans les zones littorales peu profondes.

Sur le plan biologique, cette espèce adopte un régime alimentaire carnivore opportuniste, se nourrissant de petits poissons, de crustacés et de mollusques. Sa stratégie de prédation repose sur l'immobilité et le camouflage, suivis d'une attaque rapide. La reproduction se déroule généralement durant les périodes chaudes, avec une ponte d'œufs pélagiques. Toutefois, les données biologiques restent encore limitées, ce qui classe cette espèce parmi les ressources halieutiques peu étudiées en Méditerranée

2.4. Répartition et écologie

Scorpaena porcus est une espèce démersale largement répandue dans l'Atlantique Est (Boehlert et Yamada, 1991), depuis le sud des îles Britanniques jusqu'aux Açores, aux Canaries et aux côtes atlantiques marocaines, ainsi que dans l'ensemble de la mer Méditerranée et de la mer Noire. Elle fréquente principalement les eaux littorales peu profondes, mais peut être observée jusqu'à des profondeurs avoisinant 200 m, avec des signalements ponctuels jusqu'à environ 800 m, sur des fonds rocheux ou mixtes lui offrant des abris. Dans le bassin méditerranéen et la mer Noire, cette espèce est considérée comme l'une des rascasses les plus communes, représentant un élément important des communautés côtières rocheuses et des captures de la petite pêche, notamment en Turquie (Celik et Aydin, 2006 ; Nemeth et al., 2009), où des débarquements significatifs ont été documentés au cours

des dernières décennies. Elle est signalée sur de nombreux secteurs du bassin, notamment sur les côtes turques (mer Noire, mer de Marmara et mer Égée), en mer Noire ukrainienne (Silkin et Silkina, 2004,) ainsi que sur les côtes italiennes (Caputo *et al*, 1998 ; la Mesa *et al.*, 2010) et nord-africaines (Bradai et Bouain, 1990, Rafrafi *et al.*, 2016 ;Djabali *et al.*, 1993 ; Derbal *et* Kara, 2001 ; Refes *et al.*, 2010), confirmant une large continuité de distribution en Méditerranée et en mer Noire.

3. Situation de la pêche de *Scorpaena porcus* en Algérie

En Algérie, les espèces du genre *Scorpaena*, dont *Scorpaena porcus*, sont présentes le long du littoral méditerranéen mais restent globalement peu valorisées sur le plan économique. Cette faible exploitation s'explique par leur taille modeste, leur aspect peu attractif pour le marché et la présence d'épines venimeuses rendant leur manipulation délicate. Par conséquent, ces espèces sont souvent capturées de manière accessoire dans les pêcheries artisanales utilisant des engins tels que les filets maillants et les palangres.

Cependant, malgré leur faible intérêt commercial, certaines études récentes montrent que *Scorpaena porcus* pourrait être affectée par la pression de pêche. À l'échelle méditerranéenne, une diminution significative de l'abondance et de la taille moyenne des individus a été observée au cours des dernières décennies, principalement attribuée à l'activité de pêche. Cette tendance pourrait également concerner les populations algériennes, bien que les données scientifiques locales restent insuffisantes.

Enfin, le manque d'études spécifiques sur cette espèce en Algérie constitue un obstacle à une gestion durable de cette ressource. L'absence de suivi régulier et de données biologiques détaillées limite la compréhension de sa dynamique de population. Dans ce contexte, le développement de recherches scientifiques sur *Scorpaena porcus* apparaît essentiel afin de mieux évaluer son état de conservation et son rôle écologique dans les écosystèmes marins algériens.

CHAPÎTRE II

MATERIELS ET METHODES

1. Etude de l'âge par la SCALIMETRIE

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

- Par marquage-recapture, cette méthode est souvent difficilement applicable chez les espèces de petite taille et suppose une pêche organisée pour permettre le retour des marques ;
- Par interprétation des marques naturelles présentes sur les éléments squelettiques (rayons des nageoires, Opercules, vertèbres) ou sur diverses structures dure, comme les otolithes ou les écailles.

En raison des contraintes techniques liées au traitement des otolithes sagitta (coloration, immersion dans des huiles, brûlage, polissage ou encore section), leur utilisation pour la détermination de l'âge s'avère lourde et délicate. Ainsi, nous avons privilégié la méthode scalimétrique basée sur la lecture des écailles, ces dernières font partie du squelette superficiel des poissons, au même titre que les rayons des nageoires (**Meunier et al., 1979**).

2. Prélèvement, préparation et observation des écailles

Le prélèvement, a été réalisé à raison de 10 à 20 écailles par individu au niveau de la région située sous la nageoire pectorale. Cette zone a été choisie car les écailles y sont mieux protégées des agressions externes, ce qui réduit leur probabilité de régénération et améliore la fiabilité des lectures.

Au total, cette procédure a été appliquée à un échantillon de 241 spécimens de *S. porcus* échantillonnés entre septembre 2025 et février 2026, dont la longueur totale et le poids totale variait entre (10,9 et 26,5 cm & 29,44 et 263,34 g respectivement. Les écailles sélectionnées ont été prélevées à l'aide d'une pince fine, puis nettoyées avec une solution légèrement javellisée et une brosse à dents, avant d'être conservées dans des piluliers contenant de l'eau douce. Le jour de la lecture, les écailles ont été récupérées, rincées à l'eau douce, séchées puis montées entre deux lames porte-objets (6 à 10 écailles par préparation).

3. Lecture d'âge

La lecture des écailles s'est effectuée à l'aide d'une caméra numérique de type **Infinity Lite 0,5X**, fixée sur une loupe trinoculaire. L'ensemble du dispositif est connecté à un ordinateur de bureau (marque Dell, 6 Go de Ram, processeur Intel Core i5). Une fois les images calibrées, nous avons déterminé les mesures et l'âge avec une précision de 0.01mm à l'aide du

logiciel TNPC (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées. Ver.05), développé par l'institut Ifremer de France (Fablet et Ogor, 2005) (Fig. 2).



Figure 2. Dispositif numérique de détermination de l'âge des poissons téléostéens.

Dans notre étude, nous avons déterminé l'âge des poissons en respectant les travaux de Man-Wau et Quignard (1984) qui considèrent qu'un poisson avec une marque d'arrêt de croissance sur l'écaille appartient à la classe d'âge 1. Généralement, le ralentissement de la croissance somatique est indiqué par cette marque. Il faut noter que pour choisir la date de formation et d'apparition des anneaux d'arrêt de croissance, il est nécessaire de connaître la date de la capture des individus et leur période de reproduction (Gordoa et al., 2000). C'est qu'après au moins trois lectures effectuées par des observateurs qualifiés, que la lecture d'âge a été finalement validée.

4. Relation entre la longueur du poisson et le rayon de l'écaille

La relation entre la croissance linéaire du poisson et celle de l'écaille permet la détermination de l'âge ainsi que la taille de l'alevin lors de la formation de ses écailles. Pour que les mensurations scalimétriques soient retenues, elles doivent être considérées dans une direction standard où l'écaille ne présente aucune irrégularité. Dans le cas présent, avons mesuré le rayon de l'écaille (r) en millimètres le long de l'axe antéro-médian à l'aide d'un micromètre oculaire. Le coefficient de corrélation (r) qui lie le rayon de l'écaille à la taille du poisson est ensuite calculé. En utilisant la technique des moindres carrés, nous avons obtenu une équation de droite qui représente tous les points à partir de 241 paires de données. L'équation est déterminée en utilisant l'expression suivante :

$$L_t = b R_t + a$$

Avec :

L_t: longueur totale du poisson (cm).

R_t: rayon total de l'écaille du même poisson (cm).

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

b: pente de la droite de régression.

5. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance

La précision des âges, de la période de formation de la ligne d'arrêt de croissance s'effectue grâce au suivi de l'évolution de l'accroissement (ou allongement) marginal (**AM**) de l'écaille. Cet accroissement marginal s'exprime par la relation :

$$AM = (R - R_n) / R_n - (R_n - 1)$$

Où:

AM: accroissement marginal de l'écaille (mm).

R: rayon de l'écaille (mm).

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

R_n - 1: rayon de l'anneau qui précède R_n (mm).

La mesure et le suivi mensuel de l'accroissement marginal (AM) des écailles permettent de déterminer la séquence chronologique des anneaux d'arrêt de croissance de ces dernières. L'accroissement marginal situe la distance entre la dernière ligne d'arrêt de croissance et le bord intérieur de l'écaille. Cette mesure se matérialise à l'aide d'un micromètre oculaire monté sur un microscope optique. Elle atteint son maximum juste avant la formation du prochain anneau, désignant aussi la reprise de la croissance. D'après Meunier (1988), la ligne d'arrêt de croissance ou "annulus" est uniquement considérée que lorsque, sous observation microscopique, elle forme une marque continue tout le long du pourtour de l'écaille.

Dans cette étude, la croissance marginale a été appréciée sur une période semestrielle. L'analyse statistique a été complétée en utilisant le test de comparaison des moyennes deux à deux (test de Newman-Keuls, SNK) (Dagnélie, 1975) (Minitab 13.2).

6. 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 avance dans son étude de 1910, l'hypothèse d'une corrélation linéaire entre la taille du poisson et le rayon de l'écaille. Si e_i représente le rayon de l'écaille au moment i de la formation du i ème anneau hivernal, la taille du poisson atteinte à ce moment-là est liée à cette expression :

$$L_i / e_i = L / E \quad \text{d'où} \quad L_i = L \cdot e_i / E \quad \text{avec :}$$

L: longueur (en mm) mesurée à la capture.

E: rayon (en mm) de l'écaille à la capture

Dans son ouvrage de 1920, Lee remet en question le raisonnement de Lea, considérant qu'il ne représente pas la réalité, étant donné que le poisson a déjà atteint une certaine taille au moment où l'écaille apparaît. Il corrige l'équation de Lea en ajoutant un terme correctif "b" correspondant à la taille du poisson (au stade alevin) au moment de la formation de ses écailles. Ainsi, son équation devient :

$$L_i = (L \cdot e_i / E) + b$$

La valeur "b" est égale à l'ordonnée à l'origine de la droite de régression figurant la relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson.

Les longueurs totales rétrocalculées (longueurs théoriques) à partir des écailles ont été comparées aux longueurs déterminées par le comptage du nombre d'anneaux d'arrêt de croissance (longueurs observées) pour l'ensemble de la population. Ces longueurs ont été également comparées entre les deux sexes en utilisant le programme Minitab.

7. Modélisation de la croissance

7.1. Croissance linéaire absolue

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la littérature fait mention de nombreux modèles de croissance parmi lesquels ceux des populations naturelles tiennent une large part. Cette modélisation de la croissance permet de comprendre d'avantage l'évolution dans le temps des biomasses et intervient dans la gestion des stocks halieutiques. En réalité, il n'existe pas de modèles mathématiques qui puissent décrire de manière précise à 100 % la croissance d'une population naturelle. Il convient donc de rechercher en priorité un modèle simple et facile à intégrer dans les équations de rendement, qui soit conforme aux données d'observation sur la taille à différents âges et qui permette de déterminer la taille à un âge donné.

En général, le modèle de Von Bertalanffy (1938) est souvent considéré comme le plus adapté pour exprimer la croissance individuelle en longueur et en masse. Ce modèle précise que le poids d'un organisme est soumis à deux processus physiologiques opposés, l'anabolisme et le catabolisme, qui correspondent respectivement à une augmentation puis à une diminution de la masse du poisson. L'auteur précise que le taux de catabolisme est proportionnel au poids (volume corporel). Ces deux processus physiologiques interviennent continuellement et simultanément pendant l'existence de l'animal, et la différence entre eux à un instant donné définit le taux de variation à cet instant. En général, cette évolution conduit à l'expression finale qui représente l'équation de croissance linéaire absolue.

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

Où:

L_t : longueur totale à l'âge t (cm).

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

k : taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance ($k > 0$).

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

Effectivement, parmi les paramètres du modèle de Von Bertalanffy, seul le coefficient " k " a une signification biologique précise. Il représente la diminution de la vitesse de croissance lorsque la taille augmente. Les deux autres paramètres, " L_{∞} " et " t_0 ", sont des paramètres d'ajustement qui doivent être déterminés à l'aide d'un logiciel tel que Fishparm (Prager et al.,

1989) dans le cas présent. Ce logiciel permettra d'estimer les valeurs des paramètres à partir des données d'observation sur la croissance des poissons.

Afin d'évaluer la fiabilité des paramètres de croissance obtenus dans les différentes localités, nous avons employé l'indice de performance de croissance de Pauly et Munro (1984). Cet indice est calculé de la manière suivante : $\phi = \log k + 2 \log L_{\infty}$. Les valeurs des paramètres "k" et "L ∞ " peuvent être combinées afin d'obtenir une mesure globale de la performance de croissance. Plus l'indice ϕ est élevé, plus la croissance de la population est bonne. Grâce à ce calcul, nous pourrions évaluer la croissance de différentes populations et évaluer les performances de chaque population en ce qui concerne leur croissance.

7.2. Croissance relative ou relation taille-poids

L'étude de la croissance relative, introduite dès 1936 par Huxley et Teissier (cités par Gayon, 2000), constitue une approche mathématique permettant d'évaluer l'embonpoint des poissons. Ce paramètre est essentiel pour l'estimation des biomasses, l'analyse des transformations ontogénétiques et la compréhension de la dynamique des populations (Safran, 1992). Cette méthode trouve des applications dans plusieurs disciplines, notamment en biologie, en physiologie, en écologie et en gestion des ressources halieutiques. Elle contribue ainsi à une meilleure compréhension des mécanismes de croissance et de leur influence sur la structure des populations. Par ailleurs, les variations saisonnières de la croissance peuvent renseigner sur l'activité biologique des poissons, en particulier sur les périodes de reproduction. En halieutique, l'étude de la croissance permet notamment d'estimer le poids à partir de la longueur (Beyer, 1991), le poids en fonction de l'âge (Petrakis et Stergiou, 1995), ainsi que de traduire la croissance linéaire en croissance pondérale (Pauly, 1993). Elle offre également la possibilité de différencier les traits morphologiques et les stratégies de vie entre espèces, ainsi que de mettre en évidence des variations intra-spécifiques selon les habitats ou les régions (Gonçalves et al., 1997). Ainsi, l'analyse de la croissance constitue un outil fondamental pour l'étude des caractéristiques biologiques et écologiques des poissons.

En général, cette relation est souvent modélisée par l'équation de Von Bertalanffy, qui est une équation de croissance couramment utilisée en sciences halieutiques. Cette équation permet de modéliser la croissance des poissons en fonction de leur taille et de déterminer les paramètres a et b qui décrivent la relation entre la longueur totale et le poids éviscéré :

$$Pe = a \cdot L^{tb}$$

Avec :

Pe : poids éviscéré (g).

Lt : longueur totale (cm).

a: constante.

b: coefficient d'allométrie

Les paramètres a et b ont été déterminés par le programme FISAT (version 1.2.2) (Gayanilo et al., 1996). Cette équation peut être linéarisée par transformation logarithmique des données :

$$\text{Log Pe} = b \cdot \text{log Lt} + \text{log a}$$

L'ajustement de ce modèle linéaire aux données longueur-poids observées est réalisé par la méthode des moindres rectangles. La valeur de coefficient b est comparée statistiquement à $b_0 = 3$ aux différents seuils α (0,1%) à l'aide du test t de Student (Dagnelie, 1975) :

$$t_{obs} = \frac{|b^2 - b_0^2| \sqrt{n-2}}{2 b_0 * b \sqrt{1-r^2}}$$

Avec:

n: effectif.

b: pente.

b_0 : pente théorique ($b_0 = 3$).

r: coefficient de corrélation

En fonction du résultat de cette comparaison, nous pouvons avoir trois cas :

Si $b < 3$: cela signifie que la relation entre la taille et le poids des poissons est **minorante**, c'est-à-dire que l'accroissement du poids est plus faible que l'accroissement de la taille.

Si $b = 3$: dans ce cas, il y a isométrie, ce qui signifie que le poids du poisson est proportionnel au cube de sa taille. Cela indique que le poids du poisson augmente de manière **proportionnelle** à sa taille.

Si $b > 3$: cela indique que la relation entre la taille et le poids des poissons est **majorante**. Le poids du poisson augmente plus rapidement que sa taille.

La différence de la relation taille-poids entre les deux sexes a été appréciée en utilisant l'ANCOVA (Dagnélie, 1975). Cette analyse statistique effectuée au moyen du logiciel Minitab (version 13.2) (Anonyme, 2000) permet de comparer les pentes des régressions de taille-poids entre les deux sexes en tenant compte de l'effet de la variable covariable (dans ce cas, le sexe). En utilisant le poids éviscéré (P_e), les variations de poids dues à la réplétion digestive ou stomacale ont été écartées afin d'analyser correctement la relation taille-poids spécifique. Nous avons utilisé le test de Student pour comparer la valeur de t_{obs} (obtenue à partir des données empiriques) à la valeur de " t " théorique. $t_{1 - \alpha/2}$ est la valeur théorique de " t ", où α est le seuil de confiance établi à 0,05 et $n - 2$ est le degré de liberté.

7.3. Croissance pondérale absolue

Étant donné que le poids est associé à la taille par la relation $P_e = a L^b$ et que le modèle le plus approprié pour décrire la croissance linière en fonction du temps est celui de Von Bertalanffy, nous pouvons admettre que la relation $P_e = P_\infty [1 - e^{-k(t - t_0)}]^b$ peut représenter l'équation pondérale en fonction du temps. Selon cette équation, P_e représente le poids du poisson éviscéré à l'instant t , tandis que P_∞ correspond au poids correspondant à L_∞ . Les paramètres de l'équation de la croissance linière absolue sont k et t_0 . Le coefficient d'allométrie ou la pente de la droite est la valeur de b , qui représente la relation taille-poids en logarithme. Étant donné la connaissance de tous les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy, nous avons réalisé le calcul du poids pour chaque groupe d'âge.

CHAPÎTRE III

REPRODUCTION

1. Sex-ratio

La sex-ratio qui représente le pourcentage des individus mâles et femelles dans une population spécifique est déterminée par l'équation suivante : SR : ratio des mâles/ratio des femelles. On évalue l'écart entre les valeurs observées de la sex-ratio et la proportion théorique de 50% en utilisant un test de khi deux (χ^2) (Dagnelie, 1975). On peut également tester l'hypothèse nulle H_0 selon laquelle la sex-ratio = 50 %, en calculant la quantité suivante:

$$\chi^2 = (M^2 / f) + (F^2 / f) - n,$$

Où :

M : nombre de mâles.

F: nombre de femelles.

n : M + F : nombre de mâles et femelles dans l'échantillon.

f = n/2 : fréquence absolue théorique pour chaque sexe.

Au niveau de signification $\alpha = 0,05$, l'hypothèse nulle est refusée lorsque χ^2_{obs} est supérieur ou égal à la valeur théorique ($\chi^2_{1-\alpha}$) de la distribution du (χ^2) à 1 degré de liberté. Ce test ne s'applique qu'à des effectifs de plus de 5 mâles ou femelles.

2. Rapport gonado-somatique

Le rapport gonado-somatique est un indicateur de poids dont les fluctuations temporelles, au sein d'une catégorie de taille, sont influencées par l'état de maturité sexuelle. Cet indicateur de reproduction révèle des périodes de ponte privilégiées, mais ne peut en aucun cas évaluer l'intensité de la reproduction, car celle-ci est également influencée par d'autres facteurs, tels que l'importance du stock reproducteur présent (Fontana, 1979). Ce rapport est défini par Bougis (1952) comme étant le pourcentage du poids des gonades sur le poids corporel. Dans notre cas, il est calculé mensuellement pour chaque individu selon l'expression suivante :

$$RGS = (Pg / Pe) \times 100, \text{ où :}$$

Pg : poids des gonades,

Pe : poids éviscéré du poisson.

Le RGS peut être considéré comme un véritable coefficient de maturation (Lahaye, 1981), dont la représentation graphique traduit correctement les différentes étapes de la maturation des gonades.

3. Rapport hépato-somatique

La gamétogenèse chez les Ostéichthyens mobilise une forte consommation d'énergie que les espèces stockent en partie dans le tissu hépatique sous forme principalement de glycogène et de lipides. Le changement dans le métabolisme lipidique pendant l'activité sexuelle, connu sous le nom de rapport hépato-somatique ou RHS, se manifeste notamment chez les femelles par un transfert des réserves vers les ovaires. Le RHS est calculé chaque mois et pour chaque poisson en utilisant l'expression suivante :

$$\text{RHS} = (\text{Pf} / \text{Pe}) \times 100$$

Où:

Pf : poids du foie.

Pe : poids du corps éviscéré.

La variation mensuelle du RHS permet de mesurer les changements de poids du foie au fil du temps. En fonction de la manière dont les substances de réserve sont stockées et mobilisées au niveau de cet organe, Bertin (1958) établit deux types de poissons :

- Chez les « poissons maigres », la maturation des gonades est précédée d'une accumulation de lipides dans le foie. Dans cette situation, le RHS est plus élevé que le RGS.
- Chez "poissons gras", où les lipides se rassemblent dans le tissu musculaire. Dans cette situation, le foie ne participe qu'à la conversion de ces réserves lipides, ce qui entraîne une évolution parallèle entre le RHS et le RGS.

4. Adiposité

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

Unité 0 : absence de tissus gras.

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

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

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

5. Taille à la première maturité sexuelle

La taille à laquelle le poisson atteint sa première maturité sexuelle permet tout d'abord de déterminer d'une part, la contribution des petits poissons à la reproduction, et d'autre part, de déterminer la taille minimale de capture. Cette dimension correspond à la transition du stade juvénile (immature) vers l'adulte, qui se distingue par sa capacité à participer à la reproduction. Il semble que l'expression « première maturité sexuelle » soit redondante, car en effet, la maturité n'est atteinte qu'une seule fois, à l'exception des sexes hétérosexuels. La taille de première maturité (L50) a été définie par Tweddle et Turner (1977) comme étant celle où 50 % des individus des deux sexes sont matures pour la première fois.

Nous avons calculé les proportions des individus adultes dans chaque catégorie de taille (intervalle de 2 cm) puis utilisé une fonction logistique pour établir une corrélation entre les proportions des individus matures et la longueur totale du poisson (Bakhayokho, 1983 ; Ouannes-Ghorbel et al., 1996, 2002). Effectivement, cette fonction permet de surveiller le niveau de maturité sexuelle en fonction de la taille et d'évaluer avec précision les longueurs (Lt50), (Lt25) et (Lt75), qui sont couramment utilisées dans la plupart des modèles d'évaluation des stocks. La forme sigmoïde de cette fonction est écrite comme suit :

$$P = \frac{1}{1 + e^{(bLt+a)}}$$

Avec :

P = proportions des individus matures ;

a et b = constantes.

Cette équation a été ajustée, selon la méthode des moindres carrés aux données observées de maturité sexuelle chez les deux sexes. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel Minitab version 13.2) (Anonyme, 2000). Par la suite, la longueur Lt50 a été estimée selon cette formule : $Lt50 = -a/b$ et les longueurs Lt25 et Lt75 sont calculées par la formule suivante :

$$Ln(p/(1-p)) = a + b L_t.$$

La comparaison des valeurs de la première maturité sexuelle entre les mâles et les femelles a été effectuée à l'aide du test t de Student selon la méthode de Lamotte (1967).

6. Coefficient de condition où indice pondéral

Ce coefficient permet d'évaluer l'équilibre pondéral des poissons ainsi que leur rythme de croissance. Ce coefficient peut sensiblement fluctuer selon les saisons, la taille, l'âge, l'état de maturation des gonades et l'adiposité. L'expression traditionnelle du coefficient de condition est :

$$K = (P_e / L_t^3) \times 100$$

Avec :

P_e : masse corporelle éviscérée (en grammes).

L_t : longueur totale (en centimètres).

Cette formule implique une croissance isométrique or chez *S. porcus* des côtes de l'est d'Algérie la croissance est considérée comme allométrique. Par conséquent, la formule de K devient :

$$K = (P_e / L_t^b) \times 100$$

Avec :

b: coefficient d'allométrie.

Le coefficient de condition a été calculé mensuellement et en fonction de la longueur totale des poissons chez les mâles, les femelles, les individus matures et les immatures.

CHAPITRE VI

RESULTATS

1. Age et croissance

1.1. Age

Les écailles prélevées sur *S. porcus* sont cténoïdes de forme généralement rectangulaire (**Fig. 3**). Sur un total de 241 spécimens, l'âge a été déterminé avec succès pour 188 écailles (101 femelles : 53,72 %, 74 mâles : 39,36 %, et 13 indéterminés : 6,91%). Les quelques écailles restantes étant illisibles (présence de cal ou de faux anneaux) n'ont pas été considérées dans les calculs. La longueur totale des femelles et des mâles est comprise entre 11,1 et 24,3 cm et entre 11,7 et 26,5 cm, respectivement. Le pourcentage d'agrément moyen entre la lecture des trois premiers lecteurs est estimé à 92,8 %. En général, les anneaux d'arrêt de croissance des écailles chez cette espèce sont lisibles et de lecture aisée.

1.2. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance

Les résultats du suivi de l'allongement marginal des écailles de *S. porcus* durant la période d'étude sont indiqués dans le **tableau 1**. La valeur minimale de l'accroissement marginal mesuré sur les écailles est enregistrée en décembre ($0,35 \pm 1,19$), alors que sa valeur maximale est marquée en février ($0,60 \pm 0,53$). La comparaison des valeurs moyennes annuelles de l'accroissement marginal des écailles par l'ANOVA a montré qu'il n'y avait aucune différence significative entre ces valeurs ($F = 1,66$; $p \geq 0.05$). L'utilisation du test de Newman-Keuls (SNK) a montré que la valeur de l'accroissement marginal de décembre (valeur minimale) est différente de celle de janvier et de février (**Fig. 3**).

Tableau 1. Evolution mensuelle de l'accroissement marginal (AM) calculé à partir des écailles (mm) de *Scorpaena porcus* de la ville d'El Kala.

Mois	Moyenne	Ecart-type
Septembre	0,51	0,21
Octobre	0,48	0,29
Novembre	0,41	0,67
Décembre	0,35	1,19
Janvier	0,57	0,50
Février	0,60	0,53

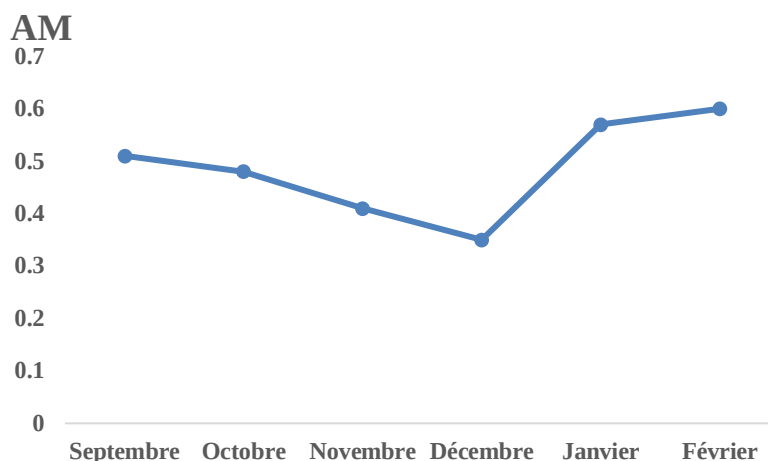


Figure 3 : Evolution mensuelle de l'accroissement marginal (AM) mesuré sur les écailles de *Scorpaena porcus* de la ville d'El Kala.

1.3. Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon de l'écaille

Il existe une corrélation très hautement significative entre la taille du poisson (Lt) et le rayon de son écaille (Rt). L'équation exprimant une relation linéaire entre la longueur totale (Lt) et le rayon de l'écaille (Rt) chez *S. porcus* est la suivante : $Rt = 1,072 \cdot Lt - 1,015$ (mm) ($r = 0,89$; $p \leq 0,001$).

1.3.1. Calcul des tailles moyennes aux différents âges (rétrocalcul)

Les 241 écailles de la rascasse *S. porcus* ont été analysées et 188 (soit 78%) ont été choisies pour l'analyse de l'âge. Les 53 autres écailles (soit 22 %) étaient illisibles (cal présent) ou suspectes. Grâce à la lecture directe des écailles, nous avons pu déterminer les âges individuels des poissons et établir des clés âge-longueurs pour la population totale (**Tab 2**), les femelles et les mâles (**Tab. I, II en annexe**). Les poissons mesurés ont été répartis en classes de tailles avec une amplitude de 2 cm 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.

Tableau 2 : Distribution des tailles réelles (en cm) dans les différents groupes d'âge d'après la scalimétrie chez la population totale de *Scorpaena porcus* des côtes de la ville d'El Kala. (CT: classes de tailles; N: effectif; Lt et Pt: longueur & poids totaux, M±E: moyenne ± écart-type).

Age (ans)		I	II	III	IV	V
CT (cm)						
[10-12[		12				
[12-14[		1	13			
[14-16[			15	12		
[16-18[			12	13		
[18-20[				14	10	
[20-22[				20	15	
[22-24[					20	
[24-26[					25	2
[26-28[						2
	N	13	40	59	72	4
	N%	6,92	21,28	31,38	38,30	2,13
Lt	M	11,4	15,7	18,9	24,2	25,7
	E	0,59	1,13	0,91	0,62	1,55
Pt	M	32,86	68,4	129,77	168,28	240,18
	E	4,74	6,12	15,15	30,08	51,88

2.4. Croissance

2.4.1. Croissance linéaire absolue

Les paramètres estimés du modèle de Von Bertalanffy et l'indice de performance de croissance (ϕ) sont présentés dans le **tableau 3** pour la population totale et **Tableaux III et IV** en annexe pour les mâles et les femelles. Les longueurs asymptotiques calculées à partir des écailles de *S. porcus* ($L_{\infty PT} = 29,05$ cm ; $L_{\infty F} = 28,42$ cm ; $L_{\infty M} = 29,44$ cm) sont supérieures aux longueurs maximales observées ($L_{tPT} = 27,8$ cm ; $L_{tF} = 26,9$ cm ; $L_{tM} = 27,8$ cm).

Tableau 3 : Paramètres de Von Bertalanffy et indices de performance (ϕ) chez la population totale de *Scorpaena porcus* des côtes de la ville d'El Kala. PT : population totale, S: scalimétrie.

Sexe	Méthode	L_{∞}	k	t_0	ϕ	N	Limites d'âge (années)
PT	S	28,16	0,266	-1,115	5.44	241	1-5

Chez la population totale, les tailles théoriques maximales (21,77 cm) sont légèrement supérieures de celles observées (20,92 cm). Le taux de croissance annuel est élevé durant la première année (11,10 cm) et tend à diminuer progressivement entre la deuxième (2,99 cm) et la quatrième année où il atteint la valeur (2,35 cm) puis 1,82 cm à la cinquième année (**Fig 4**).

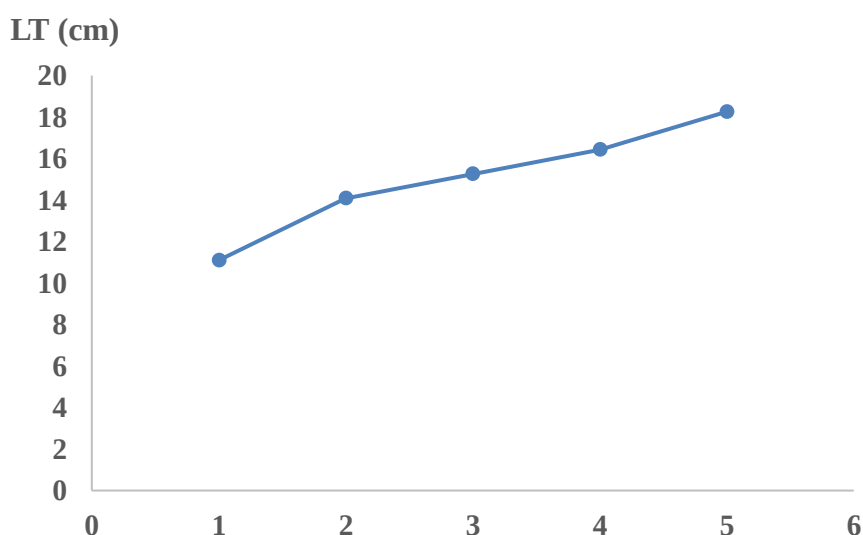


Figure 4 : Croissances linéaires observées, chez la population totale de *Scorpena porcus* des côtes de la ville d'El Kala.

2.4.2. Croissance relative

2.4.2.1. Croissance relative de *Scorpena porcus*

L'expression mathématique de la relation taille-poids a été établie mensuellement et globalement, chez la population totale. Chez la population totale, nous avons noté une corrélation significative entre ces deux paramètres ($0,98 \leq r \leq 0,99$; $p \leq 0,05$). Le poids évolue au même rythme que la taille ($b = 3,009$; $t_{obs} = 1,565$; $p > 0,05$). La croissance minorante est observé durant le mois de septembre, puis devient isométrique en octobre, novembre et décembre, pour basculé en une croissance majorante durant les mois de janvier et février.

2.4.2.2. Croissance pondérale absolue : Connaissant le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids et les paramètres de Von Bertalanffy (L_{∞} , k et t_0), le modèle de la croissance pondérale absolue pour la population totale est exprimé par les équations suivantes : $P_t = 390,22(1 - e^{-0,266(t+1,115)})^b$

Le poids asymptotique (P_{∞}) chez la population totale (390,22g) est nettement supérieur au poids maximum échantillonné (263,34 g).

3. Reproduction

3.1. Sex-ratio : Globalement, la population totale de *S. porcus* composée de 241 individus est structurée de la manière suivante : 128 femelles (53,11 %), 89 mâles (36,93 %) et 21 indéterminés (8,71%).

La valeur moyenne semestrielle (période d'étude) de la sex-ratio (SR = 0,63) est en faveur des (SR = 0,63 : 1; $\chi^2 = 11,66$; $p \leq 0,001$). Malgré la présence presque régulière des mâles, la proportion numérique des femelles domine en automne et en hiver (automne : SR = 0,51 : 1; $\chi^2 = 21,20$; hiver : SR = 0,60 : 1; $\chi^2 = 6,44$; $p \leq 0,05$).

3.2. Rapport gonado-somatique

Les valeurs du RGS sont faible durant les mois de septembre et octobre ($0,50 \pm 0,55$), puis augmente progressivement à partir de janvier pour atteindre des valeurs $0,95 \pm 0,46$ (**Fig 5**).

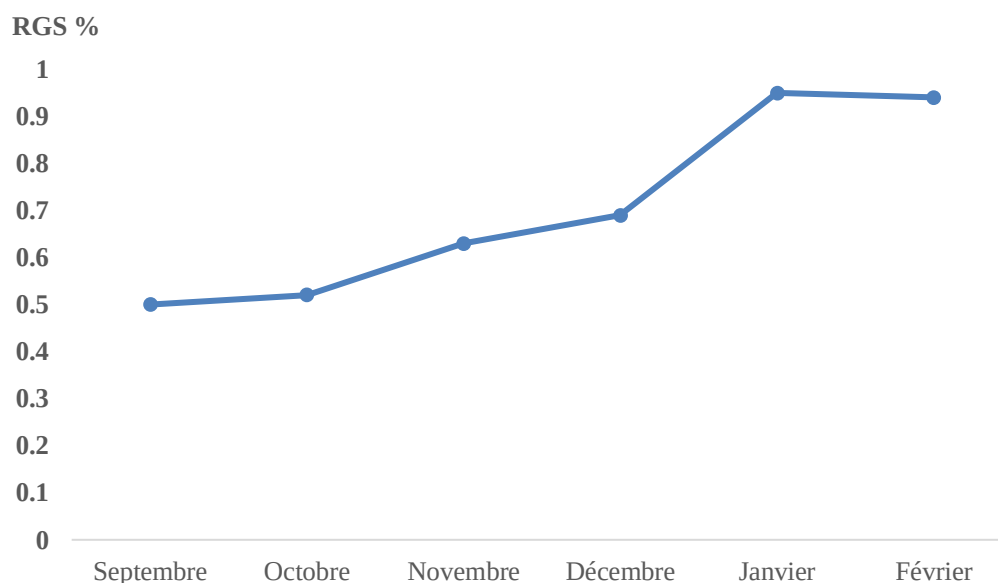


Figure 5 : Evolution mensuelle du RGS chez *Scorpaena porcus* des côtes d'El Kala.

3.3. Rapport hépato-somatique

Les valeurs minimales ($0,27 \pm 0,29$) du RHS sont observées en septembre, elles augmentent progressivement (**Fig. 6**) jusqu'à février, où le rapport atteint sa valeur maximale durant la période d'étude ($2,55 \pm 0,02$).

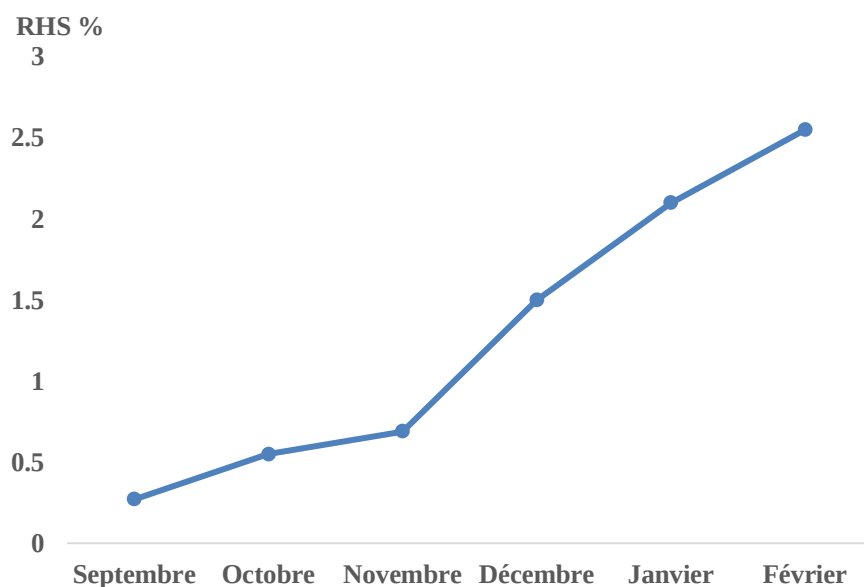


Figure 6 : Evolution mensuelle du RHS chez *Scorpaena porcus* des côtes d'El Kala.

3.4. Adiposité

L'adiposité (Ad.) varie entre 0 et 3. La valeur élevée est observée en décembre et janvier (Ad. = 3), alors que la valeur nulle est enregistrée en septembre.

3.5. Coefficient de condition ou indice pondéral

Le suivi des variations temporelles du coefficient de condition K, a montré des fluctuations au cours de la période d'étude. Les valeurs les plus basses ($K = 1,06 \pm 0,18$) sont enregistrées durant le mois de septembre, ce qui coïncide avec la fin de la période de reproduction. Ce coefficient augmente progressivement pour atteindre sa valeur maximale ($K = 2,99 \pm 1,70$) en janvier et février.

CHAPITRE V

DISCUSSION

Dans la présente étude, l'âge de *Scorpaena porcus* a été déterminé par scalimétrie sur 188 individus parmi les 241 échantillonnés, soit un taux de lecture de 78 %. Ce taux témoigne de la qualité relative des écailles en tant que pièces calcifiées pour l'estimation de l'âge, bien que 22 % d'entre elles se soient révélées illisibles en raison de la présence de cal de régénération ou de faux anneaux. Ces difficultés de lecture sont classiquement rencontrées chez les Scorpaenidés dont les écailles cténoïdes peuvent présenter des irrégularités structurelles dues aux conditions environnementales ou aux blessures physiques (La Mesa et al., 2005 ; Ferri et al., 2010). Le pourcentage d'agrément moyen entre les trois lecteurs (92,8 %) confirme la fiabilité de la méthode employée, conformément aux recommandations méthodologiques de Panfili et al. (2002) qui considèrent qu'un taux supérieur à 85 % garantit une lecture valide.

L'analyse de l'accroissement marginal (AM) des écailles a montré que la valeur minimale est atteinte en décembre ($0,35 \pm 1,19$ mm), tandis que le maximum s'observe en février ($0,60 \pm 0,53$ mm). Ce schéma indique que le ralentissement de la croissance somatique, matérialisé par la formation de l'anneau d'arrêt de croissance (annulus), se produit en hiver, vraisemblablement entre novembre et janvier. Ce résultat est cohérent avec les observations de La Mesa et al. (2005) qui, travaillant sur *S. porcus* de la mer Tyrrhénienne, ont identifié une formation annuelle unique de l'annulus durant la période hivernale. De même, Bradai et Bouain (1990) au large des côtes tunisiennes, et Refes et al. (2010) sur les côtes algériennes, ont rapporté une périodicité annuelle de la formation des anneaux chez les Scorpaenidés méditerranéens. La synchronisation hivernale de ce processus est probablement liée à l'abaissement des températures marines, facteur connu pour induire une réduction de l'activité métabolique chez les poissons téléostéens (Gordoa et al., 2000).

Les groupes d'âge identifiés s'étendent de I à V ans, avec une prédominance des individus d'âge III (31,38 %) et IV (38,30 %), ce qui suggère une population relativement jeune à l'échelle de la population totale. L'absence quasi-totale d'individus âgés de plus de 5 ans peut refléter soit la pression de pêche exercée sur cette espèce dans la région d'El Kala, soit les limites inhérentes à la méthode scalimétrique pour détecter les anneaux des poissons âgés dont les écailles présentent souvent une compression marginale des circuli (Cailliet et al., 2001). Des observations similaires ont été rapportées par Celik et Aydin (2006) en Turquie et par Caputo et al. (1998) sur les côtes italiennes, où la majorité des individus capturés se situaient entre 2 et 5 ans.

Les paramètres de croissance de *Scorpaena porcus* estimés par scalimétrie pour la population totale sont : $L_{\infty} = 28,16$ cm, $k = 0,266$ et $t_0 = -1,115$, avec un indice de performance de croissance $\phi = 5,44$. Ces valeurs placent *S. porcus* d'El Kala parmi les populations à croissance modérément lente, ce qui est caractéristique des Scorpaenidés méditerranéens dont le métabolisme ectotherme et le régime de vie démersale sédentaire sont associés à des taux de croissance relativement faibles (Russell, 1983).

La longueur asymptotique obtenue ($L_{\infty} = 28,16$ cm) est comparable à celle rapportée par La Mesa et al. (2005) pour la même espèce en Italie ($L_{\infty} = 27,9$ cm) et légèrement inférieure à celle de Ferri et al. (2010) en mer Adriatique ($L_{\infty} = 30,4$ cm). En revanche, Refes et al. (2010) sur les côtes algériennes ont obtenu une L_{∞} plus faible ($L_{\infty} = 25,3$ cm), suggérant l'existence de variations inter-populationnelles probablement liées aux conditions trophiques et thermiques locales. Le coefficient de croissance $k = 0,266$ est en accord avec les valeurs rapportées dans la littérature pour l'espèce, qui oscille généralement entre 0,21 et 0,35 an^{-1} selon les populations méditerranéennes (Bradai et Bouain, 1990 ; Caputo et al., 1998 ; La Mesa et al., 2005).

La croissance annuelle est particulièrement rapide durant la première année de vie (11,10 cm), puis décroît régulièrement jusqu'à atteindre seulement 1,82 cm à la cinquième année, conformément au modèle sigmoïdal de Von Bertalanffy. Ce patron de croissance, marqué par une phase juvénile rapide suivie d'un plateau, est classique chez les Scorpaenidés (Jardas, 1996 ; Derbal et Kara, 2001) et reflète les investissements énergétiques successifs de l'animal entre la croissance somatique et la reproduction. L'indice de performance $\phi = 5,44$ est conforme aux valeurs calculées pour d'autres populations méditerranéennes de la même espèce ($\phi = 5,38$ à $5,57$; La Mesa et al., 2005 ; Ferri et al., 2010), indiquant une bonne cohérence interne des paramètres estimés selon le critère de Pauly et Munro (1984).

La relation taille-poids établie pour *Scorpaena porcus* de la région d'El Kala présente un coefficient d'allométrie global de $b = 3,009$, non significativement différent de 3 ($t_{obs} = 1,565$; $p > 0,05$), indiquant une croissance globalement isométrique chez la population totale. Ce résultat signifie que le poids du poisson augmente proportionnellement au cube de sa longueur, ce qui traduit une morphologie corporelle stable au cours de la croissance. Des valeurs comparables ont été rapportées pour cette espèce en Méditerranée orientale par Yedier et Bostanci (2021) ($b = 3,02$) et en mer Noire par Silkin et Silkina (2004) ($b = 2,98$ à $3,11$),

confirmant la tendance générale à l'isométrie chez les Scorpaenidés benthiques (Froese, 2006).

Cependant, des variations saisonnières notables ont été observées : une croissance minorante ($b < 3$) est enregistrée en septembre, correspondant à la fin de la période de reproduction, tandis qu'une croissance majorante ($b > 3$) caractérise les mois de janvier et février, coïncidant avec la reprise de l'activité trophique et la reconstitution des réserves énergétiques. Ces fluctuations saisonnières du coefficient b sont classiquement attribuées aux variations du niveau d'adiposité, à l'état des gonades et à l'activité alimentaire (Petrakis et Stergiou, 1995 ; Gonçalves et al., 1997). Elles soulignent l'importance de mener les analyses de la relation taille-poids à l'échelle saisonnière pour rendre compte fidèlement de la dynamique pondérale de l'espèce.

Le poids asymptotique calculé ($P_{\infty} = 390,22$ g) est nettement supérieur au poids maximum observé dans l'échantillon (263,34 g), ce qui indique que les individus les plus âgés et les plus lourds ne sont probablement pas représentés dans les captures, soit en raison de la sélectivité des engins de pêche utilisés, soit parce que les poissons très âgés adoptent un comportement plus cryptique réduisant leur capturabilité (Celik et Aydin, 2006).

4. Reproduction : sex-ratio, maturité sexuelle et cycle reproducteur

La sex-ratio globale observée dans la population de *Scorpaena porcus* d'El Kala est significativement en faveur des femelles ($SR = 0,63 : 1$; $\chi^2 = 11,66$; $p \leq 0,001$), ces dernières représentant 53,11 % de l'échantillon contre 36,93 % pour les mâles. Cette prédominance numérique des femelles est une caractéristique bien documentée chez plusieurs espèces de Scorpaenidés (Derbal et Kara, 2001 ; La Mesa et al., 2005 ; Rafrafi-Nouira et al., 2016). Deux hypothèses principales sont avancées pour l'expliquer : d'une part, un sex-ratio biaisé à la naissance en faveur des femelles, et d'autre part, une mortalité différentielle plus élevée chez les mâles, notamment au cours des périodes de reproduction (Caputo et al., 1998). La dominance femelle est plus prononcée en automne et en hiver, ce qui suggère un comportement différentiel d'agrégation selon le sexe durant la période précédant la ponte.

L'évolution mensuelle du rapport gonado-somatique (RGS) fournit des informations précieuses sur la phénologie de la reproduction. Les valeurs faibles enregistrées en septembre et octobre ($RGS = 0,50 \pm 0,55$) correspondent à une phase de repos gonadique, tandis que l'augmentation progressive vers janvier-février ($RGS = 0,95 \pm 0,46$) signale une maturation

active des gonades. Ce schéma indique que la ponte de *S. porcus* sur les côtes d'El Kala se déroule principalement en période hivernale tardive à printanière, ce qui concorde avec les données de La Mesa et al. (2005) en Italie et de Celik et Aydin (2006) en Turquie, qui situent la principale période de reproduction entre janvier et mai. En revanche, Bradai et Bouain (1990) en Tunisie décrivent une ponte estivale, suggérant que la période de reproduction peut varier selon la latitude et les conditions thermiques régionales.

L'évolution parallèle du rapport hépato-somatique (RHS), dont la valeur minimale est observée en septembre ($0,27 \pm 0,29$) et le maximum en février ($2,55 \pm 0,02$), confirme que *S. porcus* mobilise ses réserves hépatiques lipidiques et glycogéniques au profit de la gamétogenèse hivernale. Ce schéma classe l'espèce dans la catégorie des « poissons maigres » selon la terminologie de Bertin (1958), dans lesquels le foie joue un rôle central de réservoir énergétique préalable à la reproduction. L'adiposité suit un patron temporel cohérent, nulle en septembre et maximale en décembre-janvier ($Ad. = 3$), témoignant de l'accumulation progressive des réserves lipidiques péri-viscérales au cours de l'automne, phase précédant l'effort reproducteur hivernal (Fontana, 1979).

Le coefficient de condition K présente ses valeurs les plus basses en septembre ($K = 1,06 \pm 0,18$), au lendemain de la période de ponte supposée, et ses valeurs les plus élevées en janvier-février ($K = 2,99 \pm 1,70$), traduisant une reconstitution progressive des réserves corporelles. Ces fluctuations du coefficient K en lien avec le cycle reproducteur et la saisonnalité alimentaire ont été décrites chez de nombreux Perciformes méditerranéens (Benchalel et Kara, 2013 ; Hannachi et al., 2014). La forte variabilité inter-individuelle observée (écart-type élevé) en janvier-février peut refléter l'existence d'individus à des stades de maturation différents au sein de la même cohorte temporelle, suggérant une pontes potentiellement fractionnée ou étalée sur plusieurs semaines.

L'ensemble des données biologiques obtenues sur *Scorpaena porcus* de la ville d'El Kala révèle une population caractérisée par une croissance modérément lente, une longévité apparente limitée à 5 ans dans les captures, et un cycle reproducteur hivernal à printanier, en phase avec les populations méditerranéennes occidentales. La prédominance des classes d'âge III et IV dans les échantillons, associée à la sex-ratio féminine déséquilibrée, suggère que cette population subit une pression de capture non négligeable, bien que difficile à quantifier précisément en l'absence de données de débarquements ciblés.

Ces résultats s'inscrivent dans le contexte plus large des travaux récents sur les Scorpaenidés méditerranéens, qui soulignent la vulnérabilité de ces espèces à longévité modeste et à croissance lente face à l'exploitation halieutique (Derbal et Kara, 2010 ; Boubeker et al., 2018). À l'échelle méditerranéenne, Abdul-Malak et al. (2011) alertent sur le fait que 4 % des espèces ichthyologiques sont déjà classées comme menacées, et que 26 % sont en données insuffisantes, catégorie dans laquelle *S. porcus* algérienne s'inscrivait jusqu'à récemment. Dans ce contexte, la présente étude constitue une contribution fondamentale à la connaissance de la biologie de cette espèce sur les côtes algériennes et offre des données de référence indispensables pour définir des mesures de gestion adaptées, notamment en termes de taille minimale de capture et de périodes de protection durant la saison de reproduction.

CONCLUSION

&

PERSPECTIVE

La présente étude constitue une contribution originale à la connaissance biologique de la rascasse noire *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) sur les côtes algériennes, à travers l'analyse de 241 spécimens échantillonnés dans la région d'El Kala entre septembre 2025 et février 2026. En combinant la scalimétrie, la modélisation de la croissance et l'étude de la reproduction, ce travail offre un aperçu intégré et quantifié de la dynamique biologique de cette espèce peu documentée à l'échelle nationale.

Sur le plan de l'âge et de la croissance, la méthode scalimétrique s'est révélée fiable avec un taux de lecture de 78 % et un pourcentage d'agrément inter-lecteurs de 92,8 %. Cinq groupes d'âge ont été identifiés (I à V ans), avec une prédominance des classes III et IV, représentant à elles seules près de 70 % de la population échantillonnée. L'analyse de l'accroissement marginal a permis de confirmer la formation annuelle et hivernale de l'annulus, avec un minimum en décembre ($AM = 0,35$ mm), coïncidant avec le ralentissement saisonnier de la croissance somatique. La relation taille-rayon de l'écaille est hautement significative ($r = 0,89$; $p \leq 0,001$), validant l'utilisation de la scalimétrie pour le rétrocalcul des tailles aux différents âges.

La modélisation de la croissance par le modèle de Von Bertalanffy a fourni les paramètres suivants pour la population totale : $L_{\infty} = 28,16$ cm, $k = 0,266$ an⁻¹ et $t_0 = -1,115$ an, avec un indice de performance $\phi = 5,44$, cohérent avec les valeurs rapportées pour cette espèce en Méditerranée. La croissance est particulièrement rapide durant la première année (11,10 cm), puis décroît régulièrement jusqu'à 1,82 cm à la cinquième année. La relation taille-poids révèle une croissance globalement isométrique ($b = 3,009$; $p > 0,05$), avec des variations saisonnières allant d'une allométrie minorante en septembre à une allométrie majorante en janvier-février, en lien avec les cycles métaboliques et reproducteurs. Le poids asymptotique calculé ($P_{\infty} = 390,22$ g) dépasse largement le poids maximum observé (263,34 g), indiquant que les individus les plus âgés sont sous-représentés dans les captures.

Les résultats relatifs à la reproduction indiquent une sex-ratio significativement en faveur des femelles (53,11 % ; $\chi^2 = 11,66$; $p \leq 0,001$), dominante en automne et en hiver. L'évolution mensuelle des rapports gonado-somatique (RGS) et hépato-somatique (RHS) témoigne d'une maturation gonadique progressive à partir de janvier, suggérant une ponte hivernale tardive à printanière. La mobilisation des réserves hépatiques parallèlement à l'augmentation du RGS classe *S. porcus* dans la catégorie des poissons maigres. L'adiposité, nulle en septembre et maximale en décembre-janvier ($Ad. = 3$), confirme l'accumulation automnale des réserves énergétiques préalable à l'effort reproducteur. Le coefficient de

condition K présente ses valeurs minimales en septembre ($K = 1,06 \pm 0,18$), au terme de la reproduction, et maximales en janvier-février ($K = 2,99 \pm 1,70$), reflétant la reprise de l'activité trophique et la reconstitution des réserves corporelles.

En perspective, les résultats obtenus soulignent la nécessité de poursuivre et d'élargir les recherches sur *S. porcus* le long du littoral algérien. Il serait particulièrement judicieux d'étendre l'échantillonnage sur un cycle annuel complet afin de préciser la période exacte de ponte, d'affiner l'estimation de la taille à la première maturité sexuelle (L50), et de mieux caractériser la dynamique des populations par l'estimation des taux de mortalité naturelle et par pêche. La combinaison de la scalimétrie avec la lecture des otolithes sagittaux permettrait par ailleurs de confirmer et renforcer la fiabilité des âges attribués. Ces données biologiques de référence sont indispensables pour une gestion durable de cette ressource halieutique côtière encore largement sous-étudiée en Algérie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdul-Malak, D., Lacroix, C., Campos, J., Collignon, J., Quignard, J.-P. et al. (2011). Status and Conservation of Freshwater Fish of the Western Mediterranean. IUCN, Gland, Switzerland and Málaga, Spain. 152 pp.
- Ayadi, H., et al. (2017). Biology of *Helicolenus dactylopterus* in Algeria. *Cybium*, 41, 67–75.
- Aydin, M., & Mazlum, Y. (2020). Trophic ecology of scorpionfish species. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20, 101–110.
- Bakhayokho, M. (1983). Étude de la maturité sexuelle des poissons. *Oceanologica Acta*, 6, 321–329.
- Başçınar, N., & Sağlam, N. (2009). Feeding habits of *Scorpaena porcus*. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8, 123–128.
- Bayhan, Y. K., Bayhan, B., Sever, T. M., & Taskavak, E. (2022). Morphometric analysis of black scorpionfish, *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758, from the Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 38(4), 512–519. <https://doi.org/10.1111/jai.14326>
- Benchalel, W., et al. (2010). Fish community structure in Annaba Gulf. *Marine Ecology*, 31, 89–98.
- Benchalel, W., & Kara, M. H. (2013). Reproductive biology of the common pandora *Pagellus erythrinus* (Sparidae) from the Gulf of Annaba (north-eastern Algeria). *Journal of Applied Ichthyology*, 29(1), 129–136.
- Bertin, L. (1958). *Physiologie des Poissons*. In P. Grassé (Ed.), *Traité de Zoologie*. Masson, Paris.
- Beyer, J. E. (1991). Growth models in fisheries. *Fishbyte*, 9, 50–54.
- Bianchi, C. N., & Morri, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40(5), 367–376.
- Boubeker, A., Bensahla Talet, L., Boutiba, Z., & Derbal, F. (2018). Biologie de la reproduction de la rascasse *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) dans le golfe d'Oran (Algérie occidentale). *Cybium*, 42(2), 169–178.

- Boudouresque, C. F. (2005). Marine biodiversity in the Mediterranean: Status of species, populations and communities. RAC/SPA.
- Bougamou, N., et al. (2015). Coastal fish diversity in Algeria. *Journal of Marine Systems*, 150, 12–20.
- Bougis, P. (1952). Reproduction chez les poissons téléostéens. *Bulletin de l'Institut Océanographique*, 49, 1–20.
- Bradai, M. N., & Bouain, A. (1990). Régime alimentaire de *Scorpaena porcus* (Linné, 1758) et de *Scorpaena scrofa* (Linné, 1758) (Poissons, Téléostéens) du golfe de Gabès. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer*, 17, 31–44.
- Cailliet, G. M., Willens, A. H., Pister, B., Love, M. S., & Burton, D. L. (2001). Age and growth of fishes: review of the use of hard parts. In G. Penney & A. Taylor (Eds.), *ICES Symposium on Age Determination and Growth in Fish and Some Other Aquatic Animals. International Council for Exploration of the Sea*, Copenhagen.
- Capezzuto, F., et al. (2020). Feeding habits of Mediterranean scorpionfish. *Mediterranean Marine Science*, 21, 245–256.
- Caputo, V., Candi, G., La Mesa, M., & Arneri, E. (1998). Otolith age determination and growth of *Scorpaena porcus* (Pisces: Scorpaenidae) from the central Adriatic Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 39(1), 27–33.
- Celik, O., & Aydin, M. (2006). Growth and reproduction of black scorpionfish (*Scorpaena porcus* L., 1758) in the Black Sea. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30, 501–510.
- Çulha, M., et al. (2016). Toxicological aspects of scorpionfish. *Marine Biology Research*, 12, 345–352.
- Dagnélie, P. (1975). *Théorie et méthodes statistiques*. Presses Agronomiques de Gembloux.
- Derbal, F., & Kara, M. H. (2001). Croissance et mortalité de la rascasse noire *Scorpaena porcus* (Scorpaenidae) dans le golfe d'Annaba. *Cybium*, 25(4), 345–355.
- Derbal, F., et al. (2007). Coastal fish ecology in Algeria. *Cybium*, 31, 223–230.

- Derbal, F., Kara, M. H., Agab, H., & Benchalel, W. (2010). Régime alimentaire de *Scorpaena porcus* (Poisson, Scorpaenidae) dans le golfe d'Annaba (Algérie). *Cybium*, 34(4), 403–410.
- Fablet, R., & Ogor, A. (2005). TNPC : Traitement Numérique des Pièces Calcifiées. Manuel utilisateur v. 5.0. Ifremer, Brest. 48 pp.
- Ferri, J., & Matic-Skoko, S. (2021). Diet and trophic position of *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) in the eastern Adriatic Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 51(3), 251–260. <https://doi.org/10.3897/aiep.51.73021>
- Ferri, J., Skaramuca, B., Glamuzina, B., Matic-Skoko, S., & Petric, M. (2010). Age, growth and mortality of black scorpionfish *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) in the eastern middle Adriatic. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(4), 573–578. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01484.x>
- Fontana, A. (1979). Étude du cycle sexuel et de la reproduction de la femelle de *Pseudotolithus* (Fonticulus) *elongatus* (Bowd., 1825) au Congo. *Cahiers ORSTOM, Série Océanographie*, 17(3–4), 261–274.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253.
- Gayanilo, F. C., et al. (1996). FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT). FAO.
- Gayon, J. (2000). History of growth studies. *Biological Reviews*, 75, 1–20.
- Gordoa, A., Molí, B., & Raventós, N. (2000). Growth performance of four wrasse species on the north-western Mediterranean coast. *Fisheries Research*, 45(1), 43–50.
- Gonçalves, J. M. S., Bentes, L., Lino, P. G., Ribeiro, J., Canário, A. V. M., & Erzini, K. (1997). Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. *Fisheries Research*, 30(3), 253–256.
- Hamida, B., et al. (2018). Trophic interactions of coastal fishes. *Mediterranean Marine Science*, 19, 321–330.
- Hamza, N., et al. (2007). Parasites of *Scorpaena elongata*. *African Journal of Marine Science*, 29, 123–130.

- Hannachi, M. S., Derbal, F., & Kara, M. H. (2014). Biologie de la reproduction de *Scorpaena notata* (Scorpaenidae) dans le golfe d'Annaba. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 139(1–4), 85–97.
- Huxley, J. S., & Teissier, G. (1936). Terminology of relative growth. *Nature*, 137, 780–781.
- Jardas, I. (1996). Adriatic Ichthyofauna. *Školska Knjiga*, Zagreb. 553 pp.
- Kuiter, R. H. (1993). Coastal fishes of south-eastern Australia. University of Hawaii Press.
- Lahaye, J. (1981). Cycle reproducteur des poissons. *Cahiers ORSTOM*, 19, 45–60.
- La Mesa, M., Arneri, E., Caputo, V., & Iglesias, M. (2005). The black scorpionfish, *Scorpaena porcus* (Osteichthyes, Scorpaenidae), in the Mediterranean and Black Sea: a review of biology and fisheries. *Scientia Marina*, 69(2), 255–269. <https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n2255>.
- Lea, E. (1910). On the methods used in herring investigations. *Publications de Circonstance*, 53.
- Lee, R. M. (1920). A review of scale methods. *Journal du Conseil*, 1, 327–345.
- Man-Wau, Y., & Quignard, J. P. (1984). Determination of fish age. *Cybum*, 8, 45–55.
- Meunier, F. J. (1988). Structure and growth of fish scales. *Environmental Biology of Fishes*, 23, 173–182.
- Meunier, F. J., et al. (1979). Growth studies in fishes using scales. *Journal of Fish Biology*, 14, 203–210.
- Miled-Fathalli, N., et al. (2019). Morphological variability of *Scorpaena porcus* in the Mediterranean. *Acta Adriatica*, 60(2), 123–134.
- Mokrane, Z., & Zerouali-Khodja, F. (2011). Biological traits of *Scorpaena porcus* in Algeria. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 33, 45–52.
- Nazlić, M., et al. (2014). Diet composition of *Scorpaena porcus* in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 55, 45–56.
- Nikolsky, G. V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press.
- Ouannes-Ghorbel, A., et al. (1996). Reproductive biology of Mediterranean fishes. *Cybum*, 20, 45–60.

- Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., & Wright, P. J. (Eds.) (2002). Manual of fish sclerochronology. Ifremer-IRD, Brest. 464 pp.
- Pauly, D., & Munro, J. L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2(1), 21.
- Pauly, D., & Munro, J. L. (1984). Growth performance in fishes. *ICLARM Conference Proceedings*, 13, 383–392.
- Pauly, D. (1993). Fish growth models. *Fishbyte*, 11, 3–6.
- Petrakis, G., & Stergiou, K. I. (1995). Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fisheries Research*, 21(3–4), 465–469.
- Polin, R., et al. (2022). Morphometric differentiation of scorpionfish populations. *Fisheries Research*, 245, 106–115.
- Quignard, J. P., & Tomasini, J. A. (2000). Mediterranean fish biodiversity. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(3), 1–66.
- Quignard, J. P. (2011). Les poissons de la Méditerranée occidentale. *Biologie et écologie des espèces*.
- Rafrafi-Nouira, S., El Cafsi, M., Capapé, C., & Bouain, A. (2016). Diet, feeding habits, and food composition of *Scorpaena porcus* (Osteichthyes, Scorpaenidae) off the Tunisian coast. *Cahiers de Biologie Marine*, 57(4), 363–376.
- Refes, W., Ramdane, Z., & Bensahla-Talet, L. (2010). Paramètres de croissance et mortalité de la rascasse *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) du golfe d'Oran. *Rapport de Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée*, 39, 598.
- Russell, B. C. (1983). Revision of the Indo-Pacific scorpionfish genus *Scorpaena*. *Indo-Pacific Fishes*, 1, 1–79.
- Russell, B. C. (1983). The food and feeding habits of rocky reef fish of north-eastern New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 17(2), 121–145.
- Safran, P. (1992). Growth and production models. *ICES Journal of Marine Science*, 49, 123–135.
- Sahin, C., et al. (2019). Ecological role of scorpionfish. *Oceanological Studies*, 48, 67–78.

- Silkin, Yu. A., & Silkina, E. N. (2004). Biochemical composition and properties of the venom of Black Sea scorpionfish *Scorpaena porcus*. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 40(3), 332–337.
- Tripp-Valdez, A., et al. (2023). Diet variability in scorpionfish species. *Journal of Fish Biology*, 102, 789–802.
- Tweddle, D., & Turner, J. L. (1977). Maturity stages in fishes. *Journal of Fish Biology*, 10, 225–230.
- Vidal Haddad, V., et al. (2003). Venomous fish injuries. *Toxicon*, 42, 573–580.
- Von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10, 181–213.
- Yedier, S., & Bostanci, D. (2021). Morphometric characters of the black scorpionfish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) in the Sinop Region of the Black Sea. *Acta Aquatica Turcica*, 17(2), 208–217.
- Zhao, X., et al. (2021). Feeding ecology of demersal fishes. *Marine Biology Research*, 17, 233–245.