

ISSN 2800-1753

Hifocampus

N ° 9 / 2024

Algerian journal of fisheries and aquaculture research



Conception & Crédits photographiques : 2024 - CNRDPA

National Center for Research and Development of Fisheries and Aquaculture



Préambule

« *Hippocampus ; Algerian Journal of Fisheries and aquaculture Research* », est une revue scientifique semestrielle réalisée et éditée par le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA). Cette revue est une nouvelle version du bulletin d'information du centre « Info CNRDPA ». Elle est dédiée aux observations et expériences faites par les chercheurs en sciences de la mer et en aquaculture. Cette nouvelle forme reflète exactement les objectifs de bases qui étaient à l'origine de la naissance de l'activité de recherche en science de la mer et de l'aquaculture à Bou-Ismaïl.

A cet effet, et en hommage à cette région qui a choisi l'animal marin « hippocampe » comme symbole de la baie de Bou Ismaïl, la revue adopte le nom « *Hippocampus* ».

L'histoire de la revue *Hippocampus* se confond avec celle du CNRDPA, en effet, le centre a été installé dans les structures de l'aquarium de Bou-Ismaïl, avec les mêmes fondements, et les mêmes missions du CERP (Centre d'Etudes de Recherche Appliquée et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture) et de l'ISTPA, (Institut Scientifique et Technique des Pêches et de l'Aquaculture), qui étaient les héritiers légitimes et naturels du patrimoine de la Station d'Aquaculture et de Pêche de Castiglione. Cette dernière, créée en 1921 fut pendant longtemps une référence pour tout ce qui a trait aux sciences de la mer en méditerranée. Ses travaux de recherche menés sur les côtes algériennes ont été publiés dans un bulletin périodique « *Le bulletin des travaux de la station de Castiglione* » de 1926 jusqu'à 1959. Un bulletin qui a permis à la station de l'époque d'avoir une place incontournable dans le monde des sciences marines. A ce jour il demeure une référence bibliographique dans les sciences aquatiques. La revue *Hippocampus*, se propose aujourd'hui d'être le prolongement de cette aventure scientifique, pour faire connaître les travaux de recherche en science marine et aquatique, elle s'adresse à un public de spécialistes.

La revue accepte les articles de recherche et les articles de synthèse dans le domaine des sciences marines en général et plus particulièrement dans les disciplines Halieutiques, de la socio-économie de la pêche, de l'aquaculture, des écosystèmes aquatiques et de la biotechnologie en relation avec les écosystèmes aquatiques.

Hippocampus : adopte une ligne éditoriale et une politique de communication qui lui offrent une opportunité de se positionner et d'être représentative dans ces disciplines, notamment en Algérie et lui permettent également d'être présente sur le plan régional et international.

Hippocampus : Algerian Journal of Fisheries and Aquaculture Research offre un accès immédiat à son contenu, sa version électronique est disponible, consultable et téléchargeable gratuitement.

Le directeur de publication

Pr. Nabil Bouflih

Le rédacteur en chef

Dr. Boudjenah Mustapha

Equipe de rédaction

- Dr. Babali Nadhera
- Dr. Bachouche Samir
- Dr. Belhouchet Nassima
- Dr. Benfares Redhouane
- Dr. Inal Ahmed
- Dr. Kord Affaf
- Dr. Kourdali Sidali
- Dr. Zenati Billal

Comité Scientifique

- Pr. Besbes Amina
- Pr. Boulahdid Mustafa
- Pr. Derbal Farid
- Pr. Iguerouada Mokrane
- Pr. Malki Issam
- Pr. Mourad Salah Eddine
- Pr. Mezali karim
- Dr. Addour Khaled
- Dr. Alliouche Faiza
- Dr. Bachouche Samir
- Dr Belbachir Nordine

- Dr. Belhouchet Nassima
- Dr. Bendjedid Lamia
- Dr. Benfares Redhouane
- Dr. Boudjenah Mustapha
- Dr. Inal Ahmed
- Dr. Kourdali Sidali
- Dr. Mesbaiah Fatma Zohra
- Dr. Zenati Billal

Hippocampus est indexée dans **ASFA** (Aquatic Sciences & Fisheries Abstracts) et **Aqua Docs**

CNRDPA.DZ

Département Valorisation des Résultats de la Recherche et des Relations Extérieures

Email : hippocampus.revue@cnrdpa.dz

Secrétariat

Mme. A. BOUKROUH

Infographie

Mr. M_Y. AOUISSI

Sommaire

Articles

Ammar Dilmi., Wahid Refais. - **Elevage du tilapia du Nile (*Oreochromis niloticus*) en système biofloc : suivi des paramètres du milieu et des performances zootecniques** 1-13

Alliouche Faiza., Bensaâd-Bendjedid Lamia., Radi Nora., Amira Ahmed-Serir, Ayad Meriem., Hemeir Abdelhafidh., - **La consommation des poissons d'eau douce et de l'aquaculture en Algérie, spécialement le tilapia: état des lieux et perspectives** 14-24

Khadra FERHANI., Chalabia CHABET DIS., Samia BENSMAIL., - **Assessment of three small tuna stocks exploited by the algerian fleet using the CMSY Method** 25-32

Chahinez LAAMA., Nour El Islem BACHARI., - **Évaluation de la salubrité de l'eau de mer en utilisant le Système d'Information Géographique (SIG) pour la mytiliculture : Cas de la baie de Souahlia (Algérie)** 33-43

Rachid ANNANE., - **Economic analysis of the fisheries and aquaculture sector in Algeria, and growth prospects in the context of the blue economy** 44-63

Elevage du tilapia du Nile (*Oreochromis niloticus*) en système biofloc : suivi des paramètres du milieu et des performances zootechniques

Date soumission 03 avril 2023
Date acceptation 29 avril 2024

Ammar Dilmi^{1,2}, Wahid Refes²
dilmi80@gmail.com

Résumé

L'objectif de ce travail est le suivi de l'évolution des paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage durant la phase de maturation, l'étude des performances de croissance et d'utilisation alimentaire chez le tilapia du Nile élevé en système biofloc (BFT) à des ratios carbone/azote (C/N) de 12 et 18. Les résultats de cette étude montrent que la phase de maturation du floc peut durer jusqu'à 6 semaines et qu'elle est caractérisée par des pics de concentrations d'ammonium et des nitrites, une diminution de l'alcalinité et une accumulation des matières en suspension. Les performances de croissance et d'utilisation alimentaire étaient similaires entre les tilapias élevés en eau claire et ceux en système BFT. Dans les groupes BFT, nous avons constaté une baisse de la croissance des tilapias en augmentant le ratio C/N de 12 à 18.

Globalement, le système BFT n'a pas d'effets négatifs sur les performances de croissance et d'utilisation alimentaire du tilapia.

Mots clés : Biofloc, tilapia, ratio C/N, performances zootechniques, paramètres du milieu.

Abstract

The aim of this work is to investigate the evolution of the water quality parameters during the maturation phase, and to evaluate the growth performance and feed utilization efficiency of Nile tilapia raised in a biofloc system (BFT) with carbon/nitrogen (C/N) ratios of 12 and 18. The results of this study indicate that the maturation phase of the biofloc can last up to 6 weeks and is characterized by peaks in ammonium and nitrite concentrations, a decrease in alkalinity, and an accumulation of suspended solids. Growth performance and feed utilization were similar between tilapia raised in clear water and those in BFT system. However, in the BFT groups, a decrease in tilapia growth is observed with increasing C/N ratio from 12 to 18.

Overall, the BFT system has no negative effects on the growth performance and feed utilization efficiency of tilapia.

Keywords: Biofloc, tilapia, C/N ratio, zootechnical performance, water quality.

¹ Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), Bou-Ismaïl, Algérie.

² Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), Alger, Algérie.

1. Introduction

Le tilapia, poisson des eaux chaudes introduit en Algérie depuis 2002 (Seridi, 2011) représente un bon candidat pour le développement de l'aquaculture continentale en raison de sa croissance rapide, son adaptation à l'élevage à haute densité, sa résistance aux pathologies, son régime alimentaire omnivore et son faible coût de production (Prabu et al., 2019). Ce poisson constitue la principale espèce produite dans les systèmes aquacoles intégrés à l'agriculture, notamment dans les régions du sud de l'Algérie.

La pérennité de l'activité aquacole dans ces régions, nécessite une gestion rationnelle et judicieuse des ressources hydriques limitées. L'utilisation des techniques de production à faible consommation d'eau telles que les systèmes d'élevage avec recirculation d'eau pourrait contribuer au développement de la pisciculture du tilapia à grande échelle. L'intensification de la production nécessite également un traitement des rejets piscicoles chargés en matières organiques pour limiter les effets négatifs sur l'environnement.

La technologie Biofloc (BFT) est une technique durable sur le plan environnemental qui utilise des microorganismes bénéfiques pour absorber l'ammoniac et les nitrites générés par le processus métabolique des animaux aquatiques (Yu et al., 2023). Le système BFT peut fonctionner avec un faible taux de renouvellement d'eau (0.5 à 1% par jour) (Hargreaves, 2013), ce qui permet de minimiser les échanges avec le milieu extérieur et renforcer les mesures de biosécurité dans les fermes aquacoles.

Le tilapia est une espèce qui s'adapte bien à l'élevage en système BFT. Ce dernier

impacte positivement les rendements de production, l'indice de conversion alimentaire ainsi que l'état sanitaire des poissons (Choo et Caipang, 2015).

La phase de maturation du biofloc « start-up phase » est caractérisée par des changements des paramètres du milieu, similaires à ceux des systèmes conventionnels de recirculation en aquaculture. La durée de cette phase dépend de plusieurs facteurs tels que la température, le taux de nourrissage et la diversité des microorganismes dans le milieu (Hargreaves, 2013). La manipulation du ratio carbone/azote (ratio C/N) dans le milieu par l'addition de quantités adéquates de source de carbone représente un élément clé dans le contrôle des paramètres du milieu dans le système BFT (Abakari et al., 2021).

Dans cette étude, nous nous avons procédé au suivi de l'évolution des paramètres physico-chimique dans le milieu BFT, durant la phase de « start-up » afin d'évaluer la durée nécessaire pour la maturation du floc. D'autre part, nous avons également étudié l'effet de la variation du ratio C/N sur les paramètres du milieu et les performances zootechniques du tilapia dans le but d'optimiser les conditions d'élevage dans ce système de production.

2. Matériel et méthodes

La partie expérimentale de cette étude a été réalisée au niveau de la station expérimentale de pisciculture marine (SEPM), rattachée au Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) de Bou-Ismaïl.

2.1. Expérience 1 : Evolution des paramètres du milieu durant la phase de maturation du biofloc «start-up»

2.1.1. Dispositif expérimental

L'unité d'élevage comporte trois (3) bacs cylindro-coniques en polypropylène de 350 L de volume utile. Chaque bac est équipé d'un diffuseur d'air pour assurer l'aération et l'agitation du floc et d'un thermostat de 300 W pour maintenir la température autour de 25°C.

Des tilapias adultes d'un poids moyen de 139.8 ± 17.4 g ont été répartis à des densités de stockage initiales de 4, 6 et 11 individus sur les bacs d'élevage 1, 2 et 3 respectivement. Sur une période de 12 semaines, les poissons sont nourris à satiété, avec un aliment commercial de 03 mm à 30% de protéines. L'aliment est distribué à une fréquence de deux (2) fois par jour pendant 05 jours par semaine. Après le dernier repas, la mélasse de sucre est distribuée quotidiennement comme une source de carbone pour ajuster le ratio C/N à 20. La quantité de mélasse nécessaire est calculée selon la formule de Duy et Van Khanh (2018).

2.1.2. Suivi des paramètres du milieu

Les échantillons d'eau prélevés dans les bacs d'élevage sont filtrés à $0.45 \mu\text{m}$ et conservés à 4°C pour effectuer les analyses physico-chimiques. La température de l'eau, l'oxygène dissous et le pH sont mesurés cinq (05) fois par semaine, avec un multi-paramètre portable.

Les dosages de l'ammonium, les nitrites et de l'alcalinité sont effectués une fois par semaine selon Rodier et al. (2009).

Le volume du floc est déterminé une fois par semaine, selon la méthode décrite par

Avnimelech et Kochba (2009). Un litre d'eau d'élevage est versé dans un cône Imhoff, maintenu en position vertical (figure.1). Le volume des matières décantées au fond du cône est déterminé après 20 minutes de sédimentation.



Figure 1. Mesure du volume de floc avec les cônes Imhoff

2.1.3 Performances zootechniques

A la fin de l'expérience, les poissons sont collectés et pesés individuellement pour estimer les performances de croissances et de l'utilisation de l'aliment selon les formules suivantes :

- Taux de survie : $S (\%) = (N_f / N_i) \times 100$
- Taux de croissance spécifique : TCS

$$(\% / j) = 100 \times [(\text{Ln} (\text{PMf}) - \text{Ln} (\text{PMi})) / t]$$

-Indice de Conversion : $\text{IC} = \text{Poids total d'aliment distribué (kg)} / \text{GB (kg)}$

Nf : Nombre final des poissons. Ni : Nombre initial des poissons. PMf : Poids moyen final des poissons. PMi : Poids moyen initial des poissons. t : temps en jour. GB : gain de biomasse

2.2. Expérience 2 : Effet du ratio C/N sur les paramètres du milieu et les performances zootechnique du tilapia

2.2.1. Dispositif expérimental

L'expérience s'est déroulée sur une période de 72 jours entre les mois de Mars et Mai 2018. L'unité expérimentale, comporte six (06) bacs en polypropylène de 350 L (figure 2). Quatre (04) bacs fonctionnent en système biofloc (BFT) et deux (02) bacs fonctionnent en système de recirculation d'eau (RAS). Chaque bac est équipé d'un thermostat de 500 W pour maintenir la température de l'eau autour de 26°C et de deux diffuseurs d'air pour assurer l'oxygénation et l'agitation du floc. Les bacs du système RAS sont dotés de dispositif de recirculation composé d'un bac de 1700 L contenant les substrats de filtration mécanique et biologique et un bac tampon de 1700 L, équipé d'une pompe de recirculation d'eau.

Les bacs du système BFT sont remplis à 30% d'eau riche en biofloc provenant de l'expérience précédente pour accélérer le développement initial du floc. Au total, 78 individus de tilapia d'un poids moyen d'un 59.5 ± 1.4 g sont répartis sur les six (6) bacs d'élevage à une densité de 13 individus par bac. Trois groupes expérimentaux sont testés en réplicas :

- Groupe BFT12 : Elevage en système biofloc avec un ratio C/N = 12
- Groupe BFT18 : Elevage en système biofloc avec un ratio C/N = 18
- Groupe contrôle (C) : Elevage en eau claire (en système RAS)

Les poissons sont nourris à satiété apparente, avec un aliment artificiel flottant de 03 mm à une fréquence de 3 fois par jour,

pendant 06 jours par semaine. Dans les bacs des groupes BFT, le sucre blanc est rajouté quotidiennement pour ajuster le ratio C/N à 12 ou 18, selon Duy et Van Khanh (2018).



Figure 2. Bacs expérimentaux d'élevage du tilapia

2.2.2. Suivi des paramètres du milieu

La température de l'eau, l'oxygène dissous et le pH sont mesurés quotidiennement avec un multi-paramètre portable. L'ammonium, les nitrites et l'alcalinité de l'eau sont dosés deux fois par semaine selon Rodier et al. (2009). Les nitrates sont mesurés une fois par semaine en utilisant des kits colorimétriques (MQuant 1100200001). Le volume du floc est mesuré deux fois par semaine dans les bacs BFT en utilisant deux cônes Imhoff.

2.2.3. Performances zootechniques

A la fin de la période d'élevage (J72), les poissons sont comptés et pesés dans chaque bac pour déterminer les paramètres de

croissance et d'utilisation alimentaire selon les formules suivantes :

- Le taux de survie : $S (\%) = (Nf / Ni - P) \times 100$

- Le gain moyen quotidien du poids : $GMQ (g/j) = (PMf - PMi) / t$

- Taux de croissance relatif : $TCR (\%) = 100 \times (PMf - PMi) / PMi$

- Taux de croissance spécifique : $TCS (\% / j) = 100 \times [(\ln (PMf) - \ln (PMi)) / t]$

- Indice de Conversion : $IC = \text{Poids d'aliment distribué} / \text{gain en biomasse}$

Nf : Nombre final des poissons. Ni : Nombre initial des poissons. PMf : Poids moyen final des poissons. PMi : Poids moyen initial des poissons. t : temps en jour.

2.2.4. Analyse statistique

La comparaison des moyennes des paramètres du milieu et des paramètres zootechniques entre les trois régimes expérimentaux est effectuée en utilisant un test ANOVA-1, suivi par un test Tukey de comparaison multiple lorsque les différences sont significatives ($p < 0.05$). L'homogénéité des variances et la normalité des variables sont vérifiées préalablement par les tests de Bartlett, Hartley et Cochran et de Shapiro-Wilk respectivement. Le traitement des données

statistique est effectué à l'aide du logiciel STATISTICA 8.0.

3. Résultats et discussions

3.1. Expérience I

3.1.1. Evolution des paramètres du milieu

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans les 3 bacs d'élevage sont consignées dans le tableau 1. La température de l'eau varie entre 25 et 28°C, avec des valeurs moyennes autour de 26.6 °C. L'oxygène dissous reste au-dessus de 6 mg/L dans tous les bacs d'élevage. Le pH de l'eau varie entre 7.3 et 7.9, avec des valeurs moyennes supérieures à 7.5.

Les températures de l'eau et l'oxygène dissous ont été maintenues à des valeurs acceptables pour la croissance du tilapia et le développement du floc. Selon (Emerenciano et al. 2017), des températures au-dessous de 20°C et des teneurs en oxygène dissous au-dessous de 4 mg/l peuvent affecter le développement microbien dans le milieu.

La diminution du pH et de l'alcalinité dans les bacs d'élevage est liée aux processus microbiens de l'élimination des déchets azotés par les bactéries nitrifiantes et les bactéries hétérotrophes (Ebeling et al., 2006).

Tableau 1 : Valeurs moyennes des paramètres du milieu dans les 3 bacs d'élevage du tilapia durant la phase de Start-up

Paramètre	Bac1	Bac2	Bac3
T°C	26,68 ± 0,88	26,66±0,87	26,61±0,81
O ₂ (mg/L)	6,89 ± 0,46	6,80±0,42	6,79 ± 0,46
pH	7,75 ± 0,06	7,69±0,15	7,60 ± 0,16
NH ₄ ⁺ (mg/L)	1,30 ± 1,33	2,04±1,88	2,35 ± 2,77
NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,89 ± 1,40	3,26±2,91	4,96 ± 4,41
ALK (mg/L)	131,7 ± 13,6	132,8±12,2	125,6± 21,6
VF (ml/L)	42,1 ± 38,3	37,1±32,8	47,8± 35,7

La figure 3 montre l'évolution des paramètres physico-chimiques de l'eau dans les 3 bacs d'élevage, durant les 11 semaines de l'expérience. Les concentrations d'ammonium augmentent rapidement dans le milieu au cours des 4 premières semaines, avec des pics dépassant les 9 mg/l dans le bac3. A partir de la 5^{ème} semaine, les teneurs en NH_4^+ diminuent progressivement pour se stabiliser à des valeurs inférieures à 0.5 mg/l à la fin de l'expérience.

Dans les bacs1 et 2, les nitrites s'accumulent dans les 5 premières semaines, pour atteindre des pics supérieurs à 10 mg/l. Ensuite, les concentrations se stabilisent entre 3 et 4 mg/l entre la 7^{ème} et la 10^{ème} semaine et diminuent à des valeurs inférieures à 2 mg/l durant la dernière semaine de l'expérience. Les fluctuations des teneurs en NH_4^+ et NO_2^- sont moins importantes dans le bac1.

Selon (Hargreaves, 2013), les variations des paramètres du milieu BFT durant le « start-up » sont similaires aux systèmes de recirculation conventionnels, qui sont caractérisés par des pics de concentrations des NH_4^+ suivis par des pics d' NO_2^- au fur et à mesure que les différentes populations de bactéries se développent. La durée de « start-up » dépend de multiples facteurs tels que la température, le ratio C/N, le taux de nourrissage et la diversité des micro-organismes présentes dans le milieu (Hargreaves, 2013). Dans cette expérience, nous avons constaté la stabilisation des concentrations en déchets azotés à partir de la 6^{ème} et la 7^{ème} semaine, ce qui correspond à la durée de maturation du milieu biofloc. L'addition de la mélasse à un ratio C/N de 20 a favorisé le développement initial du floc. Des tendances similaires des variations

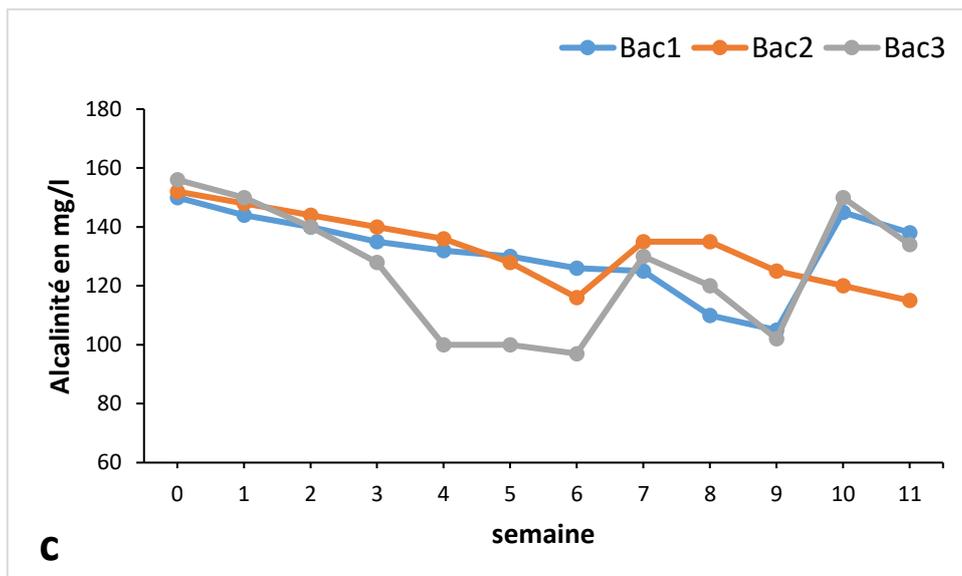
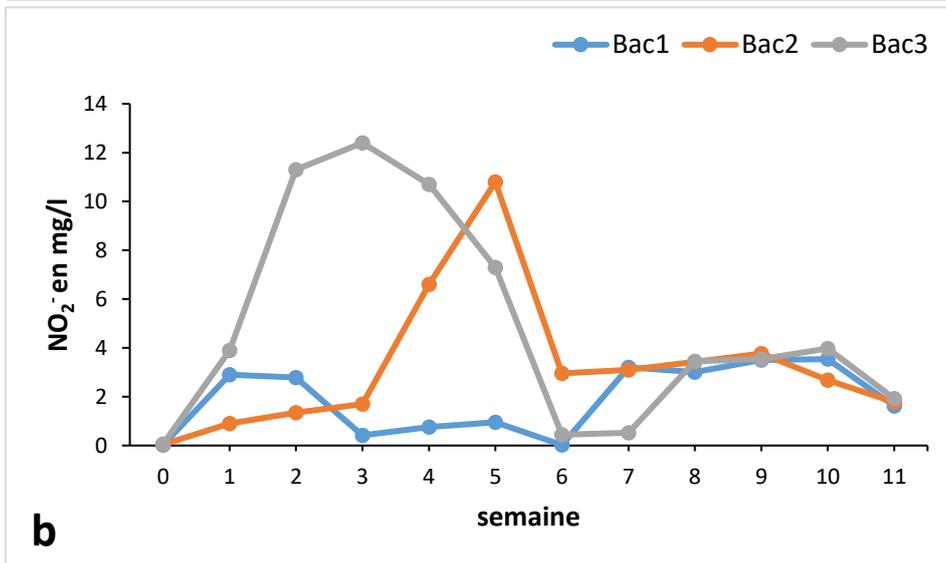
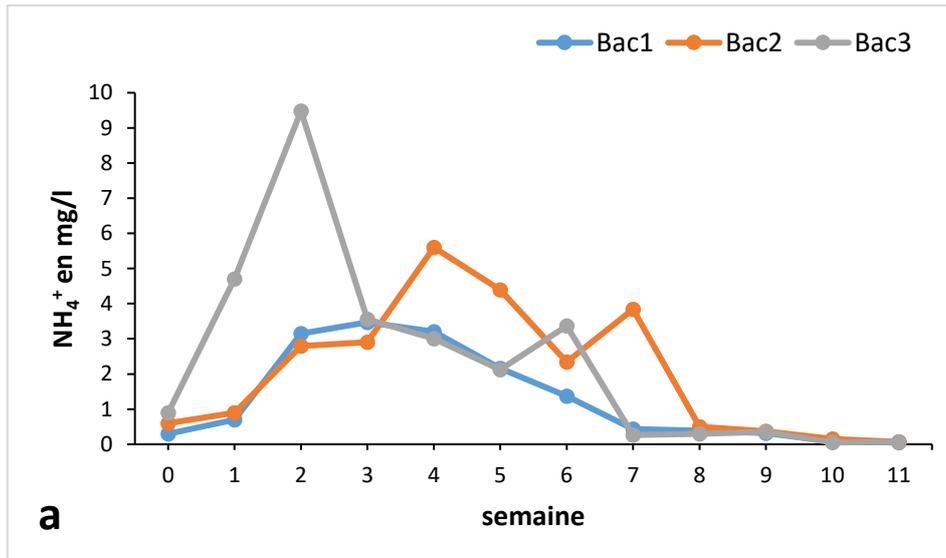
des teneurs en produits azotés sont constatées en système BFT, avec des pics de concentrations durant les premières semaines du développement du floc suivis par une diminution progressive (Luo et al., 2014; Ray & Lotz, 2014; Schweitzer et al., 2013; Xu et al., 2020).

L'utilisation des carbohydrates simples tel que le sucre ou la mélasse durant la phase de démarrage du système BFT permet d'accélérer le développement des bactéries hétérotrophes et le processus d'assimilation de l'azote dans le milieu (Abakari et al., 2021; Gomes Vilani et al., 2016).

Le moyen le plus efficace pour éliminer les substances azotées toxiques est de favoriser la voie hétérotrophe d'assimilation microbienne par le maintien des ratios C/N appropriés dans le milieu d'élevage (Avnimelech, 1999). Durant la formation initiale du biofloc, l'application de ratios C/N élevés est nécessaire pour le développement et la stabilisation des communautés hétérotrophes dans le milieu BFT (Deng et al., 2020; Emerenciano et al., 2017).

Des concentrations de NH_4^+ et des NO_2^- plus élevées ont été enregistrées dans les bac1 et 2, par rapport au bac 3 à faible densité de stockage. Les déchets azotés sont générés par la dégradation des protéines alimentaires et leur production est proportionnelle à la biomasse des poissons dans le milieu.

Le volume du floc augmente rapidement dans les bacs d'élevage pour atteindre des pics supérieurs à 100 ml/l entre la 6^{ème} et la 8^{ème} semaine de l'expérience. Ces valeurs sont supérieures aux teneurs optimales recommandées en élevage du tilapia qui sont situées entre 20 et 50 ml/l (Emerenciano et al., 2017).



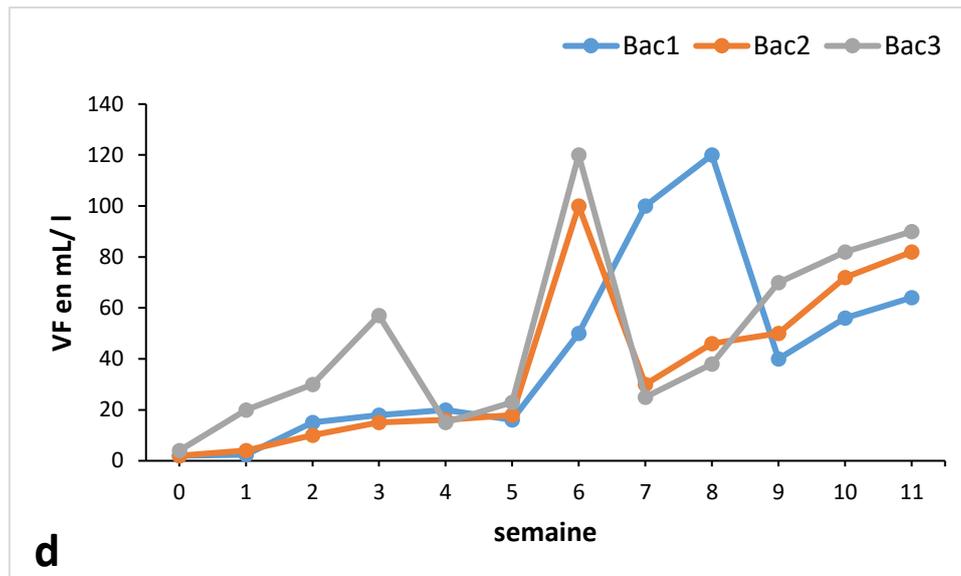


Figure 3. Evolution des paramètres du milieu dans les 3 bacs d'élevage au cours de la période de l'expérience :
(a) NH_4^+ (b) NO_2^- (c) Alcalinité (d) Volume du floc

3.1.2. Performances zootechniques

Aucun cas de mortalité n'a été enregistré dans les 3 bacs d'élevage au cours de cette expérience. Le suivi de la croissance des poissons dans les 3 bacs d'élevage (tableau 2) montre que les poissons passent d'un poids moyen entre 134 et 145 g au début de l'expérience à des poids entre 170 et 200 g à la fin de l'expérience. Le taux de croissance le plus élevé est enregistré dans le bac1 (0,46 % / j) par rapport aux bacs 2 et 3 (0,34 et 0,25 % respectivement). Le meilleur indice de conversion alimentaire est enregistré dans le bac1.

L'augmentation de la biomasse des poissons durant la phase de maturation du floc a affectée négativement les performances zootechniques dans les bacs d'élevage. Le stress lié à l'accumulation des teneurs en substances azotées toxiques dans le milieu a provoqué une diminution de la croissance et de l'efficacité alimentaire des tilapias notamment dans le bac 3.

Les résultats de cette expérience montrent que l'application de faibles densités de stockage est préconisée en phase de démarrage du système BFT pour mieux contrôler les paramètres du milieu.

Tableau 2 : Performances zootechniques des tilapias élevés à 3 densités d'élevage en système BFT

	BAC1	BAC2	BAC3
Effectif	4	6	11
PMi (g)	145,8	134,7	140,4
PMf (g)	205,3	173,3	169,2
TCS % / j	0,46	0,34	0,25
IC	1,8	3,1	2,9
S %	100	100	100

3.2. Expérience II

Les valeurs moyennes des paramètres du milieu enregistrées au cours de cette expérience sont reportées dans le tableau 3. Nous n'avons pas trouvé de différences significatives entre les 3 groupes expérimentaux concernant la température, l'oxygène dissous et le pH de l'eau. Les valeurs de température et d'oxygène dissous restent dans la limite acceptable pour le bon développement du Tilapia (El-Sayed, 2006).

Les concentrations de NH_4^+ et de NO_2^- étaient plus élevées dans les groupes BFT par rapport au groupe C, avec des différences statistiquement significatives enregistrées pour les NO_2^- entre le groupe BFT12 et le groupe C. Les concentrations des nitrates étaient significativement différentes entre les 3 groupes, avec les valeurs les plus élevées enregistrées dans le groupe BFT12. Les plus faibles concentrations de substances azotées ont été enregistrées dans les bacs du groupe contrôle, ce qui indique l'efficacité du système de filtration mis en place.

En milieu biofloc, trois voies de conversion sont impliquées dans le processus d'élimination de l'azote ammoniacal : L'absorption par les algues photoautotrophes, la nitrification par les bactéries chimioautotrophes et l'assimilation par les bactéries hétérotrophes (Ebeling et al., 2006; Hargreaves, 2006).

Dans le groupe BFT12, les niveaux élevés des nitrites et des nitrates indiquent que la nitrification est le principal processus utilisé pour l'élimination des déchets azotés, avec dominance des bactéries autotrophes qui transforment l'azote ammoniacale en nitrites puis en nitrates. L'augmentation du

rapport C/N à 18 dans le groupe BFT18 a favorisé le développement des bactéries hétérotrophes qui assimilent l'azote ammoniacal dans la biomasse microbienne, ce qui explique les faibles concentrations en nitrates dans ces groupes. Généralement, la dominance de la voie hétérotrophe d'absorption de l'azote dans les systèmes BFT est caractérisée par les faibles concentrations de nitrates (Kamilya et al., 2017; Ray & Lotz, 2014). Nos résultats appuient les travaux précédentes, indiquant que l'augmentation du rapport C/N favorise la dominance des bactéries hétérotrophes en système BFT (Liu et al., 2018; Silva et al., 2017; Xu et al., 2016). Xu et al. (2016), suggèrent que le milieu biofloc nettement hétérotrophe est atteint à des ratios C/N au-dessus de 18.

Globalement, les concentrations moyennes des substances azotées (NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) dans tous les groupes expérimentaux restent dans la plage acceptable pour la croissance du tilapia (Monsees et al., 2017; Webster & Lim, 2002). Ces résultats montrent que l'application d'un rapport C/N de 12 en système BFT est suffisante pour maintenir les concentrations des substances azotées à des niveaux acceptables en élevage du tilapia.

L'alcalinité de l'eau était significativement plus élevée dans le groupe BFT18, par rapport au groupes C et BFT12. Dans les systèmes d'élevage intensifs en circuits fermés, le processus de nitrification entraîne la baisse de l'alcalinité ce qui provoque une diminution du pH dans le milieu (van Rijn et al., 2006). Les valeurs plus faibles de l'alcalinité dans le groupe BFT12 par rapport au groupe BFT18 sont dues à la contribution plus élevée des bactéries nitrifiantes dans le processus d'élimination de l'azote ammoniacal. Selon Ebeling et al.

(2006), pour chaque gramme d'ammonium converti en nitrate, 7,05 g d'alcalinité sont consommés par les bactéries nitrifiantes, tandis que la conversion de 1 g d'ammonium par les bactéries hétérotrophes consomme 3,57 g d'alcalinité.

Le volume du floc mesuré régulièrement dans les bacs BFT a été significativement plus élevé dans le groupe BFT18 par rapport au groupe BFT12.

L'augmentation des matières décantables avec l'élévation du rapport C/N est liée à l'augmentation de la biomasse microbienne résultante de la croissance des bactéries hétérotrophes. L'élimination de l'azote ammoniacal par les bactéries hétérotrophes produira 40 fois plus de biomasse bactérienne par rapport à l'élimination par les bactéries autotrophes (Ebeling et al., 2006; Xu et al., 2018).

Tableau 3 : Valeurs (moyenne \pm écart-type) des paramètres physico-chimiques dans les bacs expérimentaux

	C	BFT 12	BFT 18
T°C	26,15 \pm 0,02	25,79 \pm 0,17	25,89 \pm 0,07
DO mg/l	6,70 \pm 0,18	6,85 \pm 0,31	6,41 \pm 0,14
pH	7,93 \pm 0,05	7,91 \pm 0,09	7,98 \pm 0,03
NH ₄ ⁺	0,10 \pm 0,02	0,53 \pm 0,25	0,33 \pm 0,21
NO ₂ ⁻	0,035 \pm 0,02 ^a	0,44 \pm 0,21 ^b	0,25 \pm 0,10 ^{ab}
NO ₃ ⁻	21,1 \pm 2,67 ^a	56,5 \pm 4,32 ^b	32,4 \pm 5,25 ^c
Alcalinité	156,33 \pm 0,22 ^a	158,65 \pm 2,044 ^a	171,65 \pm 1,12 ^b
Volume floc	-	37,93 \pm 4,08 ^a	43,40 \pm 6,99 ^b

Les valeurs suivies lettres différentes dans la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Les résultats de la comparaison des performances de croissance entre les 3 groupes expérimentaux sont résumés dans le tableau 4. L'analyse statistique montre que le poids moyen final et le gain moyen quotidien du poids (GMQ) étaient significativement supérieures dans les groupes BFT12 et C par rapport au groupe BFT18 ($p < 0,05$). Par ailleurs, aucune différence significative n'a été trouvée pour le taux de croissance spécifique (TCS), le taux de croissance relatif (TCR) et l'indice de conversion alimentaire (IC) entre les 3 groupes. Les performances de croissance et d'efficacité alimentaire étaient similaires entre les poissons issus du groupe BFT12 et le groupe contrôle. Des études précédentes n'ont pas trouvés également, d'effets significatifs du milieu BFT sur la croissance des tilapias (Alvarenga et al., 2017; Dilmi et

al., 2021; Pérez-Fuentes et al., 2016; Widanarni et al., 2012). Ces résultats peuvent indiquer que les besoins nutritionnelles des poissons ont été satisfaits dans les deux systèmes d'élevage. D'autre part, plusieurs études ont indiquées l'amélioration des performances de croissance et de l'utilisation alimentaire du tilapia dans le système BFT par rapport aux systèmes classiques d'élevage (Azim & Little, 2008; Haraz et al., 2018; Hisano et al., 2019; Liu et al., 2018; Long et al., 2015; Luo et al., 2014; Mirzakhani et al., 2019). L'amélioration des performances de croissance et de l'efficacité alimentaire des poissons en système BFT est liée à l'amélioration de la qualité de l'eau et à l'utilisation de biofloc comme source supplémentaire de nourriture. Durant cette expérience, la contribution du floc dans

l'alimentation des poissons n'est pas mise en évidence.

Dans les bacs BFT, nous avons constaté la diminution de la croissance des tilapias en augmentant le ratio C/N de 12 à 18. Des études antérieures ont montré également la diminution des performances de croissance du tilapia en appliquant des ratios C/N supérieures à 15 en système BFT (Liu et al., 2018; Mirzakhani et al., 2019; Pérez-Fuentes et al., 2016). En élevage de la crevette *Litopenaeus vannamei*, des meilleurs TCS et IC ont été obtenus à des ratios C/N entre 9 et 12 par rapport aux ratios de 15 et 18 (Xu et al., 2016, 2018). Ces auteurs suggèrent que le milieu biofloc à faible rapport C/N dominé par les micro-

algues et les bactéries autotrophes est plus bénéfique pour les crevettes par rapport au biofloc dominé par les bactéries hétérotrophes. L'augmentation du ratio C/N peut engendrer l'accroissement rapide de la biomasse microbienne, avec une élévation des matières en suspension et de la demande biologique en oxygène.

La diminution de la croissance des poissons dans le groupe BFT18 est due probablement à l'accumulation des matières en suspension dans le milieu. Généralement, des niveaux élevés de matières en suspension peuvent réduire la croissance et provoquer l'obstruction des branchies chez les poissons et les crevettes (Azim et Little, 2008; Schweitzer et al., 2013).

Tableau 4 : Performances de croissance et d'utilisation alimentaire des tilapias dans les trois groupes expérimentaux

	C	BFT 12	BFT 18
Poids moyen initial (g)	59,81 ± 2,23	59,38 ± 0,11	59,27 ± 2,12
Poids moyen final (g)	160,19 ± 1,36 ^{ab}	162,31 ± 9,79 ^a	138,13 ± 0,29 ^b
Taux de croissance spécifique (%/j)	1,37 ± 0,04	1,40 ± 0,09	1,18 ± 0,05
Gain moyen quotidien du poids (g/j)	1,39 ± 0,01 ^a	1,43 ± 0,14 ^a	1,10 ± 0,03 ^b
Taux de croissance relatif (%)	167,99 ± 7,72	173,33 ± 16,99	133,19 ± 7,85
Indice de conversion	1,18 ± 0,002	1,14 ± 0,10	1,29 ± 0,04
Taux de survie (%)	100 ± 0	100 ± 0	92,3 ± 0

Les valeurs suivies lettres différentes dans la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

4. Conclusions

Globalement, cette étude a montré que l'élevage en système BFT, nécessite une phase de préparation du milieu biofloc qui peut durer plus de 6 semaines. Cette phase est caractérisée par de fortes fluctuations des paramètres du milieu, notamment les concentrations en substances azotées, avant la formation du floc et la stabilisation des populations microbiennes dans le milieu. Le ratio C/N dans le milieu d'élevage est un facteur clé dans le développement et le fonctionnement du système BFT.

L'élévation du ratio C/N est caractérisée par le passage d'un système BFT dominé par les bactéries nitrifiantes vers un système dominé par les bactéries hétérotrophes, avec des influences sur l'évolution des paramètres du milieu. Cette étude a montré qu'il est possible de baisser le ratio C/N jusqu'à 12, sans influencer négativement les performances de croissance et d'utilisation alimentaire du tilapia.

Références bibliographiques

- Abakari, G., Luo, G., & Kombat, E. O. (2021).** Dynamics of nitrogenous compounds and their control in biofloc technology (BFT) systems: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 6(5), 441-447.
- Alvarenga, R. É., de Sales, S. C. M., de Brito, S. T., Santos, C. R., Corrêa, R. D. S., de Oliveira Alves, G. F., . . . Turra, E. M. (2017).** Effects of biofloc technology on reproduction and ovarian recrudescence in Nile tilapia. *Aquaculture Research*, 48(12), 5965-5972.
- Avnimelech, Y. (1999).** Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3), 227-235.
- Avnimelech, Y., & Kochba, M. (2009).** Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using ¹⁵N tracing. *Aquaculture*, 287(1), 163-168.
- Azim, M. E., & Little, D. C. (2008).** The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1), 29-35.
- Choo, H. X., & Caipang, C. M. A. (2015).** Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater tilapia culture. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 8(3), 362-366.
- Deng, M., Dai, Z., Senbati, Y., Li, L., Song, K., & He, X. (2020).** Aerobic denitrification microbial community and function in zero-discharge recirculating aquaculture system using a single biofloc-based suspended growth reactor: Influence of the carbon-to-nitrogen ratio. *Frontiers in microbiology*, 11, 1760.
- Dilmi, A., Refes, W., & Meknachi, A. (2021).** Effects of C/N Ratio on Water Quality, Growth Performance, Digestive Enzyme Activity and Antioxidant Status of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in Biofloc Based Culture System. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(1).
- Duy, N. T., & Van Khanh, L. (2018).** Effect of molasses addition at different C: N ratios on growth and survival rate of spotted scat (*Scatophagus argus*) fingerling in biofloc system. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 8(5), 452-459.
- Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006).** Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1), 346-358.
- El-Sayed, A.-F. M. (2006).** *Tilapia culture*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Emerenciano, M., Martinez-Cordova, L. R., Martinez-Porchas, M., & Miranda-Baeza, A. (2017).** Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. Dans H. Tutu (Ed.), *Water Quality*. Rijeka (Croatie): IntechOpen.
- Gomes Vilani, F., Schweitzer, R., da Fonseca Arantes, R., do Nascimento Vieira, F., Manoel do Espírito Santo, C., & Quadros Seiffert, W. (2016).** Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. *Aquacultural Engineering*, 74, 70-75.
- Haraz, Y. G., El-Hawarry, W. N., & Shourbela, R. M. (2018).** Culture Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) raised in a bioflocbased intensive system. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, 58(1).
- Hargreaves, J. A. (2006).** Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 344-363.
- Hargreaves, J. A. (2013).** Biofloc production systems for aquaculture. *SRAC Publication*, 4503.
- Hisano, H., Barbosa, P. T., Hayd, L. A., & Mattioli, C. C. (2019).** Evaluation of Nile tilapia in monoculture and polyculture with giant freshwater prawn in biofloc technology system and in recirculation aquaculture system. *International Aquatic Research*, 11(4), 335-346.
- Kamilya, D., Debbarma, M., Pal, P., Kheti, B., Sarkar, S., & Singh, S. T. (2017).** Biofloc technology application in indoor culture of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings: The effects on inorganic nitrogen control, growth and immunity. *Chemosphere*, 182, 8-14.
- Liu, G., Zhu, S., Liu, D., & Ye, Z. (2018).** Effect of the C/N ratio on inorganic nitrogen control and the growth and physiological parameters of tilapias fingerlings, *Oreochromis niloticu* reared in biofloc systems. *Aquaculture Research*, 49(7), 2429-2439.
- Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C., & Wu, F. (2015).** Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 448, 135-141.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., & Tan, H. (2014).** Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*)

cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422-423, 1-7.

Mirzakhani, N., Ebrahimi, E., Jalali, S. A. H., & Ekasari, J. (2019). Growth performance, intestinal morphology and nonspecific immunity response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry cultured in biofloc systems with different carbon sources and input C:N ratios. *Aquaculture*, 512, 734235.

Monsees, H., Klatt, L., Kloas, W., & Wuertz, S. (2017). Chronic exposure to nitrate significantly reduces growth and affects the health status of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Research*, 48(7), 3482-3492.

Pérez-Fuentes, J. A., Hernández-Vergara, M. P., Pérez-Rostro, C. I., & Fogel, I. (2016). C:N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. *Aquaculture*, 452, 247-251.

Prabu, E., Rajagopalsamy, C., Ahilan, B., Jeevagan, I. J. M. A., & Renuhadevi, M. (2019). Tilapia—an excellent candidate species for world aquaculture: a review. *Annual Research & Review in Biology*, 1-14.

Ray, A. J., & Lotz, J. M. (2014). Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. *Aquacultural Engineering*, 63, 54-61.

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009). *L'analyse de l'eau - 9e éd.: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.* Paris (France) : Dunod.

Schweitzer, R., Arantes, R., Costódio, P. F. S., do Espírito Santo, C. M., Arana, L. V., Seiffert, W. Q., & Andreatta, E. R. (2013). Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 56, 59-70.

Seridi, F. (2011). *L'aquaculture en Algérie: évolution, état actuel et essai d'analyse de durabilité* [Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba].

Silva, T. C. d., Rocha, J. D., Moreira, P., Signor, A., & Boscolo, W. R. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 485-492.

van Rijn, J., Tal, Y., & Schreier, H. J. (2006). Denitrification in recirculating systems: Theory and

applications. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 364-376.

Webster, C. D., & Lim, C. (2002). *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture.* Wallingford, UK: CABI Publishing.

Widanarni, Ekasari, J., & Maryam, S. (2012). Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities. *HAYATI Journal of Biosciences*, 19(2), 73-80.

Xu, W.-J., Morris, T. C., & Samocha, T. M. (2016). Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, 453, 169-175.

Xu, W.-J., Morris, T. C., & Samocha, T. M. (2018). Effects of two commercial feeds for semi-intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based, zero-exchange outdoor tanks. *Aquaculture*, 490, 194-202.

Xu, W., Xu, Y., Su, H., Hu, X., Yang, K., Wen, G., & Cao, Y. (2020). Characteristics of Ammonia Removal and Nitrifying Microbial Communities in a Hybrid Biofloc-RAS for Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture: A Pilot-Scale Study. *Water*, 12(11).

Yu, Y.-B., Choi, J.-H., Lee, J.-H., Jo, A.-H., Lee, K. M., & Kim, J.-H. (2023). Biofloc Technology in Fish Aquaculture: A Review. *Antioxidants*, 12(2), 398.

La consommation des poissons d'eau douce et de l'aquaculture en Algérie, spécialement le tilapia: état des lieux et perspectives

Alliouche Faiza¹, Bensaâd-Bendjedid Lamia¹, Radi Nora², Amira Ahmed-Serir²

Ayad Meriem¹, Hemeir Abdelhafidh¹,

Date soumission 26 sept 2023
Date acceptation 29 mai 2024

alliouchefaiza@gmail.com

Résumé

Afin d'avoir une idée concrète sur la consommation et l'état de connaissance des produits de l'aquaculture et des espèces continentales en Algérie, une enquête a été menée en 2023 auprès de 220 personnes, représentatives de la population algérienne. L'enquête de satisfaction a été faite directement auprès des répondants et en ligne via un formulaire en utilisant Google Formes. Les répondants ont été interrogés par rapport à leurs consommations du poisson et par rapport à leurs connaissances des produits de la pêche et de l'aquaculture. Les résultats de l'enquête ont été traduits en utilisant l'outil Excel 2016.

L'étude a montré que la consommation de poisson en Algérie est faible, principalement à cause du prix élevé, de la faible disponibilité du poisson d'eau douce et d'aquaculture et du manque de sensibilisation aux bienfaits du poisson et des produits d'élevage. La consommation de poisson est fortement saisonnière, avec une dominance en été due à la disponibilité et au prix plus bas du poisson. Les espèces les plus consommées sont les poissons pélagiques, comme la sardine et les anchois. Concernant le prix des poissons, 81% des répondants trouvent le prix très élevé contre 17,2% qui trouvent le prix des poissons abordable. Selon les répondants, la consommation des poissons est liée à la disponibilité sur le marché et le prix de vente. La consommation des poissons d'eau douce et de l'aquaculture est encore faible, avec la dominance du tilapia pour les poissons d'élevage d'eau douce et la daurade pour les poissons marins. Pour améliorer la situation, il faudrait réduire le prix du poisson, augmenter la production de poisson d'eau douce et d'aquaculture et sensibiliser les consommateurs aux avantages du poisson.

Mots clés : Aquaculture, Consommation, Tilapia, Enquête, Algérie.

Abstract

In order to have a concrete idea of the consumption and state of knowledge of aquaculture products and continental species in Algeria, a survey was conducted with 220 people, representative of the Algerian population. The satisfaction survey was carried out directly with respondents and online via Google Forms. Respondents were questioned about their fish consumption and their knowledge of fisheries and aquaculture products. The survey results were studied using the Excel 2016 program.

The study showed that fish consumption in Algeria is low, mainly due to the high price, the low availability of freshwater and aquaculture fish, and the lack of awareness of the benefits of fish. The results show that the majority of respondents consume fish, especially in summer. Regarding the price of fish, 81% of respondents find the price very high, compared to 17.2%

¹ Centre National de Recherche et de Développement de la pêche et de l'aquaculture (CNRDPA)

² Université de Saad Dahleb Blida

who find the price of fish affordable. According to the respondents, fish consumption is linked to availability on the market and sales price. To improve the situation, it would be necessary to reduce the price of fish, increase the production of freshwater and aquaculture fish, and raise awareness among consumers of the benefits of fish.

Keywords: Aquaculture, Consumption, Tilapia, Survey, Algeria.

Introduction

En 2020, la production mondiale d'aquaculture a atteint 122,6 millions de tonnes, soit une augmentation de 6,7 millions de tonnes par rapport à 2018 (FAO, 2022). Le tilapia est le deuxième groupe classé après les carpes pour une production mondiale de 5 477,1 milliers de tonnes (FAO, 2022). Le taux de consommation mondiale en poisson est estimé à 20,5 kg par habitant/an en 2022 par l'organisation mondiale de santé. La consommation mondiale des produits d'origine aquatique (à l'exclusion des algues) a augmenté de 3% par an en moyenne depuis 1961, pour un taux de croissance démographique de 1,6% par habitant, cette consommation est passée d'une moyenne de 9,9 kg dans les années 1960 au niveau record de 20,5 kg en 2019, puis a légèrement baissé à 20,2 kg en 2020 (Molly *et al.*, 2021). L'Algérie est un pays d'Afrique du Nord avec une population d'environ 46,55 millions d'habitants (Statista, 2024). La consommation de poisson en Algérie est relativement faible, avec une moyenne de 2,39 kg par habitant et par an, cette consommation est en augmentation, notamment en raison de la croissance de la population et de l'amélioration du pouvoir d'achat (Naji *et al.*, 2023). D'après ces derniers, la connaissance du marché de pêche et d'aquaculture continentales dans le Maghreb est limitée, notamment en ce qui concerne les Préférences et le comportement des consommateurs.

Le tilapia s'adapte à une large gamme de systèmes d'élevage, des étangs peu denses aux systèmes intensifs en bassins. Sa facilité de reproduction, ses faibles besoins en protéines et sa capacité à assimiler les protéines végétales en font un poisson accessible aux populations rurales. L'Asie est le principal producteur et consommateur de tilapia (Ntumba, 2018). La Chine domine la production mondiale, avec plus d'un tiers du total. L'Égypte, l'Indonésie, la Thaïlande, les Philippines, le Brésil, le Bangladesh, le Vietnam, la Colombie et la Malaisie figurent également parmi les principaux producteurs (Prabu *et al.*, 2020).

L'aquaculture, en particulier celle des tilapias, a le potentiel de jouer un rôle majeur dans la lutte contre l'insécurité alimentaire, la malnutrition et la pauvreté en Afrique (Béné *et al.*, 2005).

Notre objectif est de connaître et d'analyser l'état de consommation des poissons d'eau douces en Algérie, spécialement le tilapia et des poissons généralement, et d'identifier les facteurs qui influencent leurs consommations afin de développer des stratégies pour promouvoir la consommation de poisson en particulier le poisson d'eau douce et d'aquaculture et de contribuer à améliorer la sécurité alimentaire en Algérie pour une économie durable. Notre étude vise également à sensibiliser les gens de l'importance des produits aquacoles.

Matériel et méthodes

Une enquête a été menée en Algérie du mois de Mars au mois de Juin 2023, afin d'étudier la consommation du tilapia spécialement et les autres poissons aquacoles. L'enquête a été réalisée auprès de 220 répondants, représentatives de la population algérienne des 04 coins du pays avec la dominance de la catégorie des étudiants (les répondants habitant au littorale sont de (82,8%), contre (10,3%) vivant dans la région intérieur-Est, (5,2%) des répondants sont de la région intérieur-ouest, tandis que (1,7%) pour les répondants habitant au Sud. Les participants à l'enquête ont été interrogés sur leur fréquence de consommation du tilapia, leur opinion sur le goût et le prix du tilapia, ainsi que sur les facteurs qui influencent leur consommation de ce poisson. Nous avons demandé également si les algériens ont des préférences pour les poissons par rapport à la viande, s'ils connaissent les produits de l'aquaculture et s'ils savent distinguer entre les produits de l'aquaculture et de la pêche ainsi que les poissons marins et ceux de l'eau douce. Les données de l'enquête ont été traitées sous Excel 2016.

Résultats et discussion

Taux et fréquence de consommation du poisson

Les résultats de l'enquête montrent que 96,6 % des participants consomment du poisson. La fréquence de consommation la plus courante est de une à deux fois par mois (48,3 %), ce qui représente près de la moitié

des participants. Ce résultat est encourageant, car il indique que l'algérien est conscient de l'importance des poissons dans son alimentation, notamment il est riche en protéines, en vitamines, en minéraux, et spécialement en acides gras oméga-3, qui sont bénéfiques pour la santé cardiaque et cérébrale (Tchakirian, 2018). Toutefois, il est important de noter que la consommation de poisson doit être modérée. En effet, certains poissons, comme le thon rouge, le requin et l'espadon, peuvent contenir des niveaux élevés de mercure, qui est une substance toxique (Kimáková *et al.*, 2018). Parmi les personnes qui consomment du poisson, la préférence pour le poisson est assez élevée, avec 31% des personnes interrogées qui déclarent le préférer à la viande rouge et au poulet. Cela peut s'expliquer par le goût du poisson, sa disponibilité sur le marché, sa valeur nutritionnelle, ou encore par la tradition culinaire algérienne. En revanche, le prix du poisson est un frein important à sa consommation, puisque 81% des personnes interrogées le trouvent trop cher. Cela peut s'expliquer par la hausse des prix des produits de la mer, une faible production que ce soit issue de la pêche ou de l'aquaculture, ou encore par le fait que le poisson est souvent perçu comme un produit de luxe. D'un point de vue économique, Ces premiers résultats de l'enquête montrent que le prix du poisson est un obstacle à sa consommation. Cela est préoccupant, car cela signifie que le poisson est un produit alimentaire inaccessible pour une partie de la population algérienne (figure1).

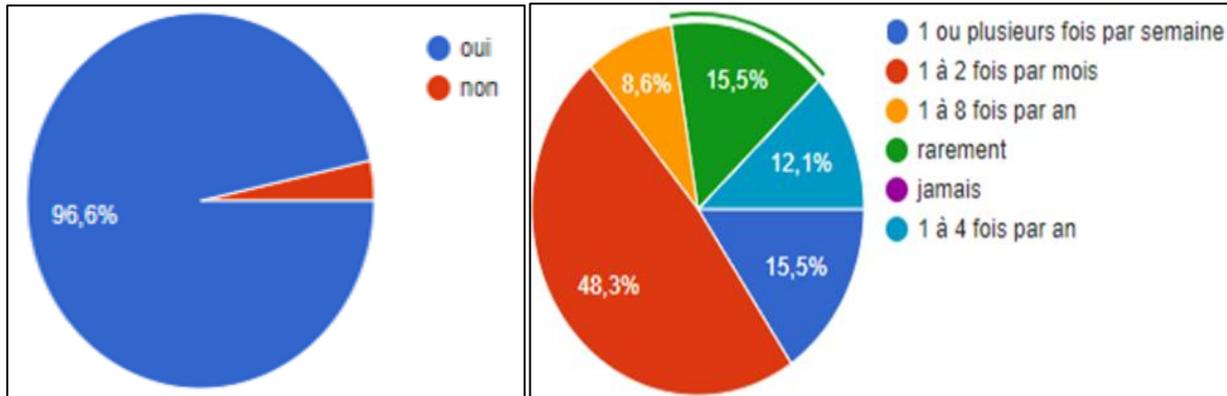


Figure 1 Taux et fréquence de consommation du poisson

Pour mieux comprendre ces fréquences de consommation obtenues et les facteurs qui influencent, nous avons demandé aux répondants en quelle saison ils consomment le plus les poissons et de justifier leurs réponses. D'après les résultats de cette enquête : 71% des répondants consomment le poisson en été, contre 8,6%, 6,9% et 3,4% respectivement qui arrivent à consommer les poissons même en printemps, en hiver, et en automne et peu de répondants qui consomment les poissons pendant les 4 saisons 8,6%. Ces résultats sont confirmés par les travaux de (Shafiq *et al.*, 2014 ; Tsoukalas *et al.*, 2022). Ces répondants ont justifié ce choix par la disponibilité sur le marché et le prix. Les espèces les plus consommées en été sont des poissons pélagiques dominées par la sardine et les anchois. Ces poissons sont généralement moins chers que les poissons démersaux, et ils sont plus faciles à trouver sur le marché. Ces résultats montrent que la consommation de poisson est fortement saisonnière en Algérie, avec une forte augmentation en été. Cela est probablement dû à plusieurs facteurs, notamment la disponibilité du poisson sur le marché algérien, l'effort de pêche, la dynamique et le prix du poisson. En effet, la Méditerranée est une zone de pêche importante, et la saison estivale est une période de forte production de poisson (Zaimen *et al.*, 2021). De plus, le prix du

poisson est souvent plus bas en été, suite à la disponibilité de plusieurs espèces et donc une variété de choix.

Préférences de consommation

Selon nos résultats 39,7% des répondants préfèrent consommer les 3 sources des protéines animales contre 17,2% pour la viande rouge, 25,9% pour la viande blanche avec une préférence dominante pour les poissons (31 %). Selon les mêmes répondants, ces préférences sont en relation avec la disponibilité de la matière, le prix, les habitudes alimentaires, le goût et la valeur nutritionnelles. Les mêmes répondants préférèrent consommer le poisson à l'état frais (94,8%), contre 5,2% préfèrent consommer les poissons sous autres formes de transformation (figure 2).

Les raisons de ces préférences sont multiples. La disponibilité de la matière est un facteur important, car le poisson est une ressource abondante en Algérie par rapport à l'espèce et la saison. Le prix est également un facteur important, car le poisson est généralement moins cher que la viande rouge ou le blanche (parlant de l'espèce du poisson vendu pendant sa saison comme la sardine, alors la viande rouge est plus cher par rapport aux autres sources. Les habitudes alimentaires, le goût et la valeur nutritionnelle interprètent également ces préférences.

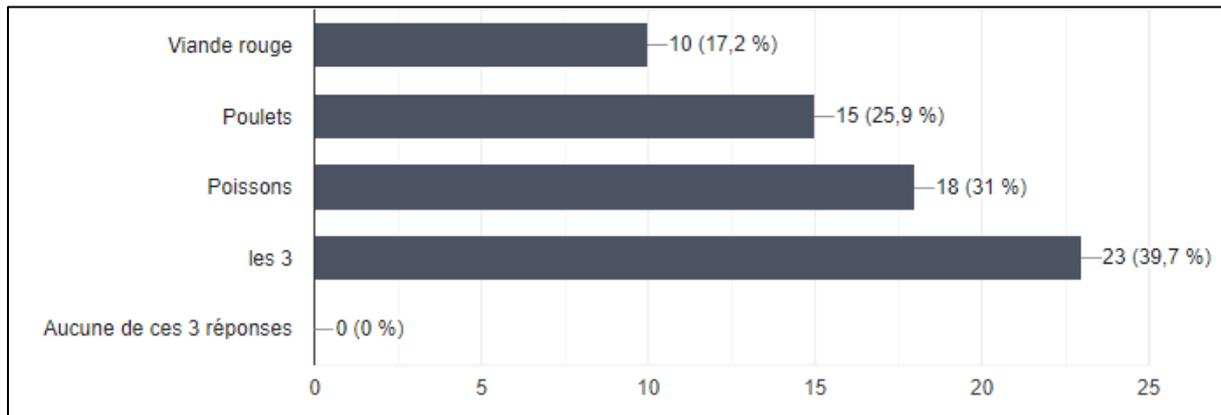


Figure 2. Préférences par rapport aux différentes sources de protéines animales

La consommation des poissons d'eau douce et de l'aquaculture

Les résultats de cette partie montrent que la consommation de poissons d'eau douce et d'aquaculture est encore faible en Algérie.

La majorité des réponses ont indiqué que ces répondants ne connaissent pas l'aquaculture (57%) donc ils ne savent pas distinguer entre les deux sources des poissons. Cela suggère que l'aquaculture n'est pas encore un secteur bien connu en Algérie, malgré les efforts des autorités et les campagnes de sensibilisation. Les 43% des répondants qui connaissent l'aquaculture, ont confirmé qu'ils savent distinguer entre les poissons issus de l'aquaculture et les poissons pêchés avec respectivement 89,7% pour les réponses positives contre 10,3% qui ne savent pas distinguer entre les deux sources malgré qu'ils savent qu'il existe des produits issus de l'aquaculture et d'autres pêchés (figure 3).



Figure 3. Taux de distinction entre les poissons d'eau de mer et d'eau douce parmi les répondants qui connaissent l'aquaculture

Parmi les répondants qui consomment du poissons, 69% ont déjà dégusté des poissons d'eau douce. Cela indique que les poissons d'eau douce sont consommés en Algérie, mais que leur consommation est encore inférieure à celle des poissons marins. Les espèces consommées sont dominées par le tilapia avec 44,8%, suivi du sandre avec 10,3%, du mulot avec 22,4%, 8,6% pour le black bass et barbeau, l'anguille avec 12,1%, les carpes avec 3,4%, les autres espèces avec 1,7%. Nous avons interprété ces résultats par l'effet de la région, étant donné que la majorité des répondants qui connaissent les poissons élevés dans les eaux douces, viennent du Sud du pays. Cette région a bénéficié de plusieurs projets aquacoles et des formations, des journées de sensibilisation et de dégustation des espèces

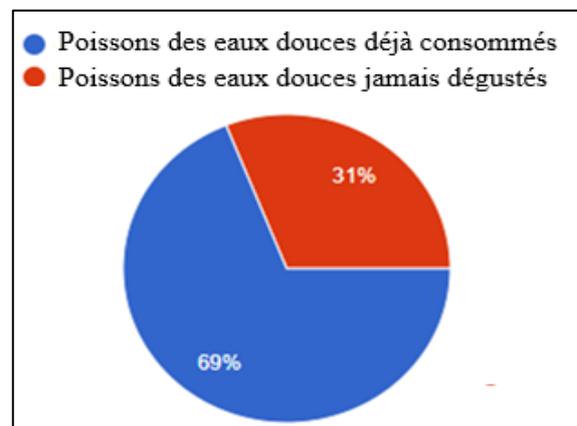


Figure 4. Taux de consommation des poissons d'eau douce

élevées. Le tilapia est l'espèce d'élevage la plus connue en Algérie (figure 4).

Etat de connaissance de tilapia et appréciation de sa chaire

Les résultats de l'enquête montrent que la connaissance du tilapia est élevée en Algérie, avec (89,7%) des répondants qui déclarent en avoir entendu parler. La source principale d'information sur le tilapia est l'internet (46,6%), son domaine (34,5%), une discussion (22,4%), suivies des médias traditionnels (presse (17,2%), télévision et radio (15,5%)), un membre de famille (10,3%), autre (1,7%) (figure 5).

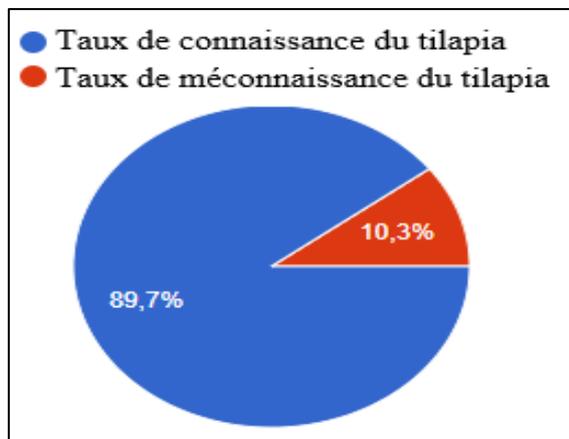


Figure 5. Représentation graphique de taux de connaissance de tilapia

Les répondants qui ont déjà goûté du tilapia ont généralement apprécié son goût, avec 74,60% qu'ils l'ont trouvé bon, tandis que 21,56 % ont trouvé que le tilapia n'avait pas de goût. Cependant, le prix du tilapia est un obstacle important à sa consommation, avec 81% des répondants qui le trouvent trop cher. D'après les répondants, le tilapia a été consommé grillé, en soupe, frais, au four, en sauce et à la vapeur. Nous avons demandé s'ils acceptent de consommer le tilapia sous d'autres formes, et voici les réponses obtenues : en filets (66,7%), en conserves (17,5%), fermentés (8,8%), panés (17,5%), boulettes (15,8%), autres (1,8%).

Pour le prix du tilapia, 36,2% des répondants trouvent que le prix du tilapia est abordable, alors que 27,6% estiment qu'il est très cher pour eux et qui n'est pas compétitif par rapport aux prix des poissons marins

(20,7%), 12,1% seul trouvent que le prix est moins cher. Le prix du tilapia est un obstacle important à sa consommation. La disponibilité du tilapia est également un facteur important, car il est encore moins disponible que les poissons marins (figure 6).

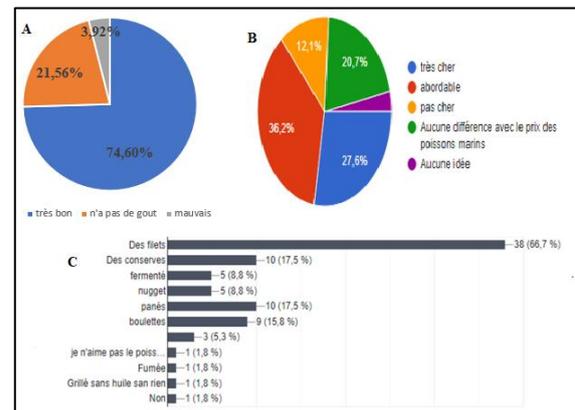


Figure 6. Appréciation de tilapia et forme du produit

Caractéristiques sociodémographiques

Ces données nous ont permis de mener une étude approfondie pour déterminer le niveau de satisfaction du citoyen, évaluer son pouvoir d'achat et analyser les raisons de la fluctuation de la consommation de poisson au sein de la famille algérienne dans les différentes régions du pays.

Les résultats de l'enquête montrent que les répondants sont majoritairement des femmes, des jeunes adultes et des étudiants. L'échantillon obtenu pour cette enquête est de 120 répondants, repartissent sur les quatre régions du pays, avec la dominance des gens habitant au littorale 82,8%, contre 10,3% vivant dans la région intérieur-Est, 10,3%, pour habitants dans la région intérieur ouest et 5,2%, tandis que les répondants habitant au Sud sont une minorité 1,7%, ce qui a influencé les résultats de notre enquête étant donné que population n'était pas homogène résultant par le type de sondage (main à main) et la population ciblée c'était les étudiants, leurs proches et les gens présents lors de l'enquête. Les raisons du choix des étudiants étaient pour cerner leur état de connaissance et d'appréciation par rapport

aux produits aquacoles, leur capacité d'influencer la société pour la consommation des poissons et pour le partage de l'information, ainsi pour avoir un échantillon représentatif de la population algérienne. La prédominance des répondants en chômage ou à un faible revenu est un facteur important qui explique la faible consommation du poisson en Algérie. En effet, le poisson est une source de protéines coûteuse, et les personnes à faible revenu ont donc moins de chances de pouvoir en consommer (figure 7).

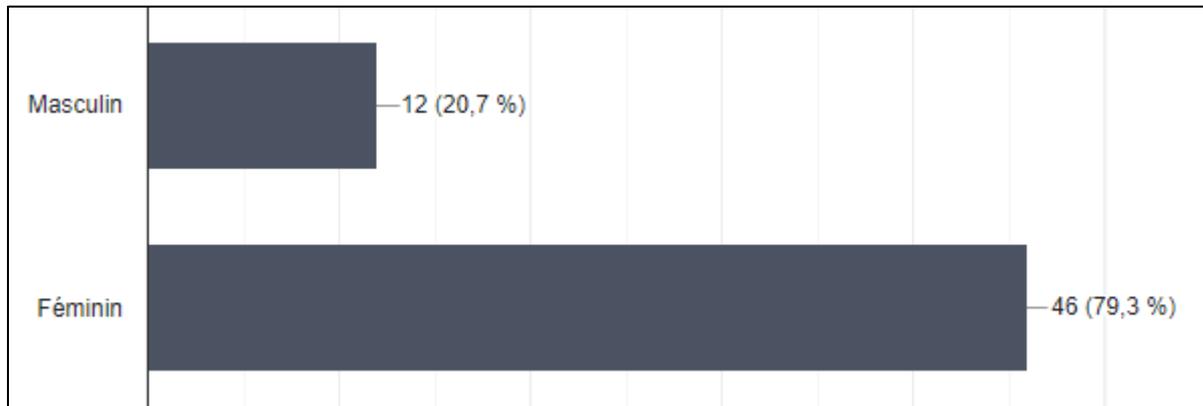


Figure 7. Représentation graphique du genre des répondants

La classe d'âge dominante est entre [15-25] et [26-40], constituée principalement des étudiants. Nous avons ciblé les étudiants pour savoir si les étudiants se communiquent entre eux pour avoir des idées sur les spécialités existantes, les étudiants constituent, et si le domaine de l'aquaculture est connu. un échantillon représentatif de la société. ainsi Comme la majorité des répondants sont des étudiants, le taux le plus élevé est obtenu pour la catégorie des universitaires (67,2%), suivi des doctorants en post graduation (22,4%), alors ceux qui font partie de la catégorie « secondaire ou moins) sont à 10,3% (figure 8).

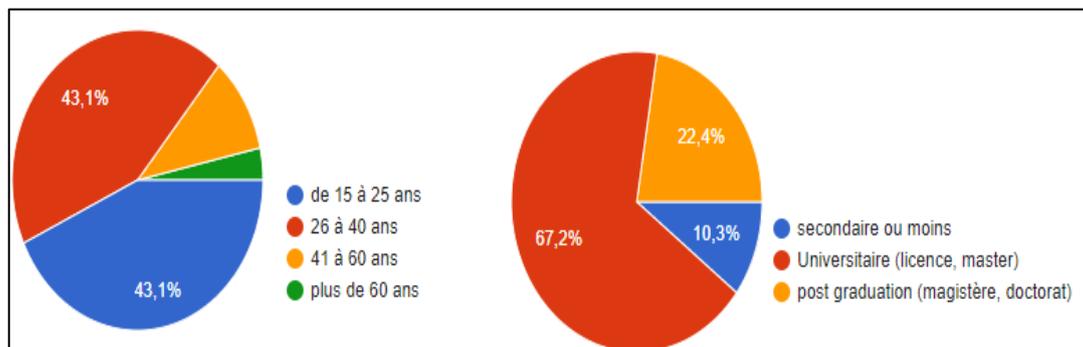


Figure 8. Les classes d'âge de l'échantillon et le niveau d'étude

Pour mieux interpréter les résultats obtenus sur l'appréciation des poissons ainsi les fréquences de consommations, nous avons demandé le nombre de famille et le revenu mensuel par personne et par foyer. Généralement, les répondants appartiennent à des familles nombreuses (5 à 7 personnes : 44,8%), suivi par 3 à 4 personnes (22,4%), 7 à 9 personnes (17,2%), 10,3% des résultats sont pour des familles qui dépassent 10 membres. En ce qui concerne les domaines d'activité professionnels, 31% des répondants sont en chômage, 20,7% ont un salaire inférieur à 40000 da, 19% entre 41000 et 80000 da, 15% dépassant les 80000 da. Nous avons cherché également le revenu total mensuel du foyer, 56,9% ont un revenu qui ne dépassent pas 69000 da pour toute la famille, ce salaire ne peut pas satisfaire les besoins de la famille ni leur permettre d'acheter les poissons d'une manière abondante, 10% seul des foyers

ont un revenu dépassant 140000 da. Ces résultats ont une grande influence sur le taux de consommation des poissons par les algériens (figure 9).

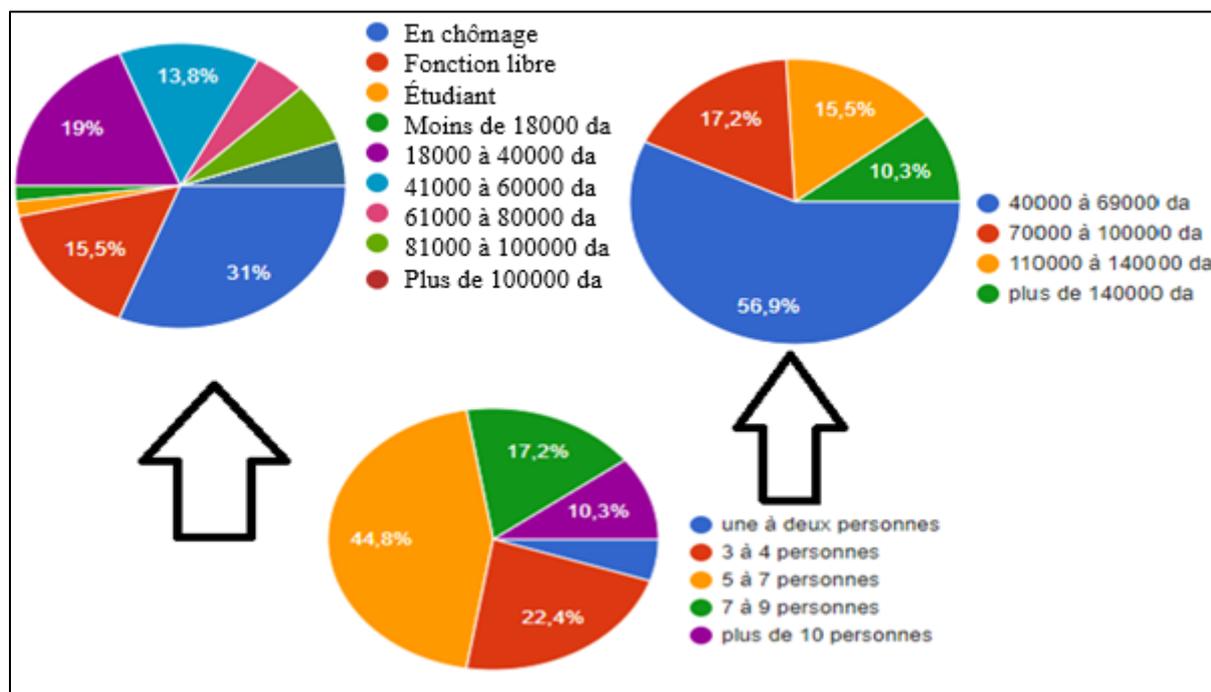


Figure 9. Composition de foyer et les revenus mensuels

Conclusion

Les résultats de l'enquête montrent que la consommation du poisson en Algérie est encore faible. Les principales raisons de cette faible consommation sont le prix élevé du poisson, la disponibilité limitée du poisson d'eau douce et de l'aquaculture, et la faible sensibilisation des consommateurs aux bienfaits du poisson. Donc, en perspectives, pour augmenter la consommation du poisson en Algérie, il est nécessaire de prendre des mesures pour :

- Réduire le prix du poisson : en augmentant la production de poisson, en réduisant les coûts de production et en augmentant les subventions au secteur de la pêche et de l'aquaculture.
- Augmenter la disponibilité du poisson d'eau douce et de l'aquaculture : en encourageant l'aquaculture par le développement des fermes aquacoles et en augmentant ainsi la production de poissons d'eau douce.
- Sensibiliser les consommateurs sur les bienfaits du poisson : par des campagnes de sensibilisation et de dégustation.
- Améliorer la disponibilité du tilapia : Il est important d'améliorer la disponibilité du tilapia sur le marché algérien. Cela pourrait se faire par le biais de mesures de soutien aux producteurs du tilapia, ou encore par la mise en place de réseaux de distribution plus efficaces et des usines de transformation.

La promotion de la consommation des poissons d'eau douce et d'aquaculture présente plusieurs avantages. En effet, les poissons d'eau douce sont une source importante de protéines, de vitamines et de minéraux. Ils sont également moins chers que les poissons marins, ce qui les rend plus accessibles à une population de plus en plus nombreuse.

Références bibliographiques

Béné, C, Barange, M, Subasinghe, R, Hemre, G.-I., Williams, M. (2005). Feeding 9 billion fish on the menu Food Security. *Food Security*. DOI 10.1007/s12571-015-0427

FAO. (2022). *La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022*. Vers une transformation bleue. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461fr>

Kimáková, T, Kuzmová, L, Nevolná, Z, Bencko, V. (2018). Fish and fish products as risk factors of mercury exposure, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, Vol 25, No 3, 488–493

Tchakirian, L. (2018). Les omégas 3 et 6 : action sur l'organisme et le cerveau. Sciences pharmaceutiques. dumas-01960388. Université d'Aix-Marseille – Faculté de Pharmacie.

Molly, A, Shakuntala, H, Thilsted, Stineke, O. (2021). Le rôle des produits alimentaires d'origine aquatique dans une alimentation saine et durable. *ONU-Nutrition*, pp64.

Naji, M, Kara, M, H, Abdel Hamid, M, L, Bouslama, N, Crespi, N. (2023). Analyse des marchés des produits de la pêche et de l'aquaculture continentales dans les pays du Maghreb. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture Tunis*, <https://doi.org/10.4060/cc6086fr>

Ntumba, A. T. (2018). Contribution à la promotion de la pisciculture intégrée de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) par la valorisation des sous-produits agro-industriels et l'utilisation rationnelle des fertilisants animaux. Thèse de Doctorat en Sciences Animales, Québec, Canada.

OMS, (2022). <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

Prabu, E, Rajagopalsamy, C. B. T., Ahilan, B, Jegan Michael, I, Jeevagan, A, Renuhadevi, M. (2020). Tilapia – An Excellent Candidate Species for World Aquaculture: A Review. *Annual Research & Review in Biology*. ISSN: 2347-565X, NLM ID: 101632869

Shafiq, Z, M, Ruddin, A, S Sah, B, M, Hashim, Z, Khaled, P, Syaifu, M, Maznah, W, Omar, W. (2014). The Effect of Seasonal Changes on Freshwater Fish Assemblages and Environmental Factors in Bukit Merah Reservoir (Malaysia). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research* 16(1):97-108 DOI: 10.1515/trser-2015-0005

Statista Research Department, (2024). Population totale de l'Algérie de 2014 à 2024,

Tsoukalas, D, Kendler, S, Lerfall, J, Jakobsen, A, N. (2022). The effect of fishing season and storage conditions

on the quality of European plaice (*Pleuronectes platessa*), *LWT Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114083> Volume 170

Zaimen, F, Ghodbani, T, Vermeren, H. (2021). L'activité de pêche artisanale au sud de la Méditerranée : gouvernance, dynamique socio-économique et enjeux environnementaux dans le port algérien de Jijel (Boudis). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 21 Numéro 1.

Consommation et connaissance du tilapia et des poissons des eaux douces en Algérie

1. Consommez-vous les poissons ?Oui Non **2. Que préférez-vous ?**Viande rouge Poulets poissons les trois **3. Justifiez votre choix :**Disponibilité sur le marché Question du goût Question d'habitude Le prix **4. Trouvez-vous le prix du poisson ?**Trop cher Abordable Pas cher **5. Vous préférez les poissons à l'état ?**Frais Congelé ou surgelé Conserves Transformé **6. À quelle fréquence consommez-vous les poissons ?**1 ou plusieurs fois par semaine 1 à 2 fois par mois 1 à 4 fois par an rarement jamais **7. Votre consommation du poisson est fréquente en :**Été Hiver Automne Printemps **8. Justifiez votre réponse (fréquence de consommation par rapport à la saison)****9. Entendez-vous parler de l'aquaculture ?**Oui Non **10. Savez-vous distinguer entre les poissons d'eau de mer et d'eau douce ?**Oui Non **11. Avez-vous déjà dégusté des poissons d'eau douce ?**Oui Non **12. De quelles espèces s'agit-il ?**Tilapia Sandre Mulet Black-bass Carpes Poisson chat anguille ablette barbeau Autres **13. Entendez-vous déjà parler du tilapia ?**Oui Non **14. Si oui, Quelle est la source principale de l'information ?**Internet lieu du travail articles de presse Émission télévision ou radio Pendant une discussion Université ton activité Autre **15. Avez-vous apprécié le goût du tilapia ?**Oui très bon Neutre (aucun goût) Non très mauvais Acceptable

16. Où avez-vous trouvé le tilapia ?

- Au marché Vous êtes un aquaculteur Une ferme aquacole
 Evènement (journée de dégustation et de vente) Restaurant

17. Pensez-vous que le prix du tilapia est :

- Très cher abordable moins cher
 Aucune différence avec le prix des poissons marins

18. Si on vous propose le tilapia sous une autre forme, vous préférez ?

- Des filets Des conserves Fermenté Nugget
 Panés Boulettes Autre

CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES**19. Votre région ?**

- Littorale Intérieure Est Intérieure Est désertique

20. Quel est votre sexe ?

- Masculin Féminin

21. Votre tranche d'âge :

- 15 à 25 ans 26 à 40 ans 41 à 60 ans plus de 60 ans

22. Votre famille / ménage compose de :

- Une à deux personnes 3 à 4 personnes 5 à 7 personnes
 7 à 9 personnes plus de 10 personnes

23. Votre niveau d'étude :

- Secondaire ou moins Universitaire (licence, master)
 Post-graduation (magistère, doctorat)

24. Laquelle de ces fourchettes décrit votre revenu individuel mensuel ?

- En chômage Fonction libre moins de 18000 da
 18000 à 40000 da 41000 à 60000 da 61000 à 80000 da
 81000 à 100000 da plus de 100000 da

25. Quel est le revenu total mensuel de votre foyer ?

- 40000 à 69000 da 70000 à 100000 da
 110000 à 140000 da plus de 140000 da

Assessment of three small tuna stocks exploited by the algerian fleet using the CMSY Method

Khadra FERHANI¹, Chalabia CHABET DIS¹, Samia BENSMAIL¹,

Moussa MENNAD¹,

k.ferhani@cnrdpa.dz

Date soumission 31 janvier 2024

Date acceptation 30 avril 2024

Abstract

Estimating the stock status is one of the most fundamental parts of fisheries management intended to preserve the aquatic resources. In this, study the assessment of three stocks of small tunas (Atlantic bonito *Sarda sarda*, Little tunny *Euthynnus alletteratus* and Bullet tuna *Auxis rochei*) caught in the algerian basin (Geographical Sub-Areas 4) was assessed using CMSY method. This method is suitable for data limited stocks and used to estimate maximum sustainable yield (MSY) and related fisheries reference points (B_{msy} , F_{msy}) from catch and resilience. The results of CMSY model suggest that the stocks of the Atlantic bonito and the Little tunny are overfished ($0.5 \leq B_{2020}/B_{msy} < 0.8$) but not subject to overfishing ($F_{2020}/F_{msy} \leq 1$). The stock of Bullet tuna was assessed as overfished ($B_{2020}/B_{msy} = 0.639$) and subject to overfishing ($F_{2020}/F_{msy} = 1.56$). Results obtained from this first study provide a diagnostic of the stock status of these species, that needs to be refined by applying other models.

Keywords: Small tuna, Atlantic bonito, Bullet tuna, Data-limited, Little tunny, CMSY.

¹ National Center for Research and Development of Fisheries and Aquaculture

Introduction

Anthropogenic pressure along the Algerian coast has increased with population growth and the commercial demand for fish species. However, the fisheries management increasingly embodies multiple and conflicting biological, ecological, economic, and social objectives (Kell *et al.*, 2007). To reach sustainable fishing situations, maintaining stocks to the maximum sustainable yield is recommended.

Stock assessment requires both biological interpretation and various statistical-mathematical methods to make quantitative estimations and predictions about the state of a fish stock (Hilborn and Walters 1992). Over the last century, stock assessment methods have progressed from descriptive models, to complex statistical models with many estimated parameters and formal diagnostics.

Several new approaches to assess stock status in data-limited situations have been developed; these models do not assume any population dynamics and are simple for estimating sustainable catch levels. For example, Rosenberg *et al.* (2018) tested a new ensemble of method to estimate the stock status of marine fisheries worldwide. Martell and Froese (2013) have produced a method based on surplus production (Catch MSY). The CMSY method is a useful tool both for regional fisheries managers and organizations. The Food and Agriculture Organization (FAO) is delegated by the United Nations (UN) to monitor global progress in the sustainable use of fisheries resources. The Maximum Sustainable Yield (MSY) (SDG Indicator 14.4.1) is used as a reference point for assessing sustainability,

and the CMSY approach is used to estimate it (FAO, 2022).

In the Mediterranean Sea, Atlantic bonito *Sarda sarda*, Little tunny *Euthynnus alletteratus* and Bullet tuna *Auxis rochei* are commercial products and deserve attention. They are defined as epipelagic, neritic and schooling species (Collette and Nauen, 1983; Vinas *et al.*, 2004). A few studies on identification and stock assessment of these species were carried out; however, more studies have been devoted to their main preys, such as sardine, anchovy and round sardinella (Turan *et al.*, 2004; Jemaa *et al.*, 2015; Ferhani *et al.*, 2021a, b).

The status of small tuna stocks in Algeria (Geographical Sub-Areas; GFCM-GSA 4) is currently unknown. These species have high socio-economic relevance in several local communities of the Mediterranean Sea. Small tuna species have a varied diet composed of small pelagic (clupeids, mullets, etc.), crustaceans, molluscs and cephalopods. Many of these species are also preyed by tunas, marlins and sharks (Fromentin and Bonhommeau, 2012; Ferhani *et al.*, 2017).

This study aims to provide reference points to be used as guidelines for the management of Bullet tuna (*Auxis rochei*), Atlantic bonito (*Sarda sarda*) and Little tunny (*Euthynnus alletteratus*).

Material and methods

Data sources

In this study, the data used was the catch time-series of the three species caught in Algerian waters (GSA 4, Fig. 1) from 1991 to 2020, that have been provided by the FAO global catch production database (FAO, 2023).

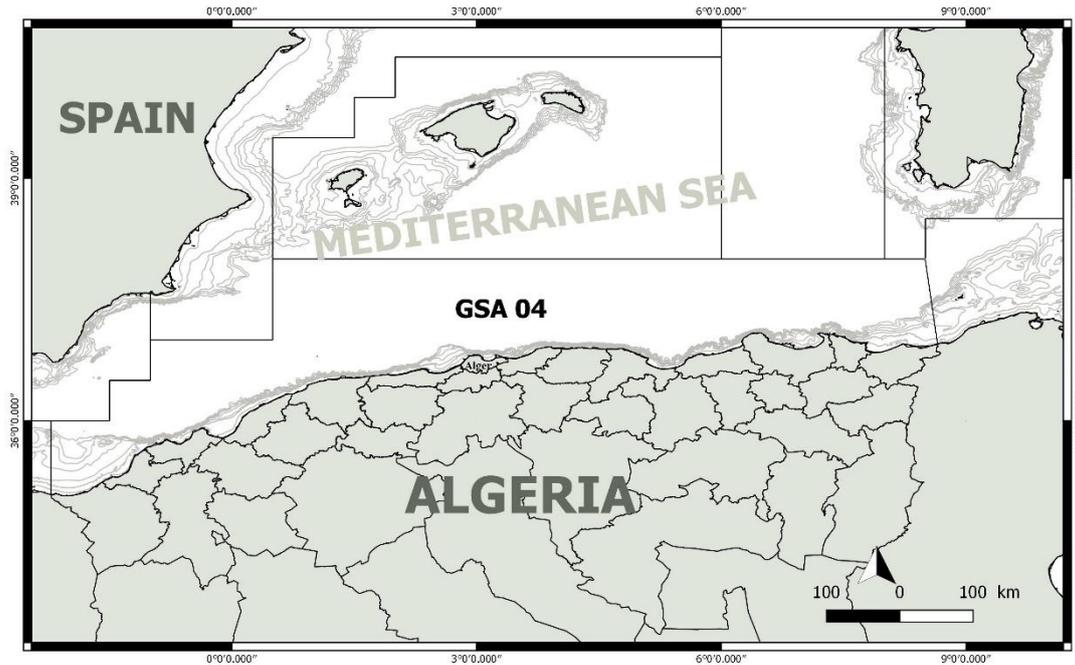


Figure 1. Map of the study area (Algeria GSA04).

CMSY model

This study presents a Monte Carlo method (CMSY) for estimating fisheries reference points from catch data and resilience for data-limited stock assessment as described in Froese *et al.* (2017). The stock status of the considered species was obtained using the Stock Monitoring Tool v0.5an R-Shiny application developed by FAO, and available to the global community. This tool was designed and developed for data-limited situations to evaluate and monitor the sustainability of fish stocks.

Additionally to biomass and sustainable yield, the model estimates other control parameters of fisheries (F_{msy} , B_{msy}), as well as the relative stock size (B/B_{msy}) and stock exploitation level (F/F_{msy}) (Froese *et al.*, 2019).

The CMSY model is based on Schaefer's surplus production model (Schaefer, 1954), which is very simple and therefore very popular:

$$B_{t+1} = B_t + r * (1 - B_t/k) B_t - C_t$$

Where B_t is the total biomass at year t of the time series, r is the intrinsic growth rate, k is the environmental carrying capacity, and C_t is the catch at year t .

The most important output parameters of this model are, fishing mortality corresponding to MSY (F_{msy}) and the biomass corresponding to MSY (B_{msy}) (Ricker, 1975, Carruthers *et al.*, 2014).

Input parameters

This study uses the following parameters as input data: catch time series, resilience of species and prior relative biomass (B/k) ranges corresponding to depletion levels at the start, intermediate, and end of the time series. Resilience is a preliminary (or prior) estimate corresponding to the intrinsic growth rates. The suggested values (Froese *et al.*, 2019) are: high (0.6-1.5), medium (0.2-0.8), low (0.05-0.5), and very low (0.015-0.1). Table 1 presents the ranges assigned to each species. Resilience values were obtained from [FishBase](#). Otherwise, it is possible to take suggestions for

parameters settings according to Froese *et al.* (2019).

Ranges of prior relative biomass (B/k) developed by Froese *et al.* (2019): very strong depletion: 0.01-0.2; strong depletion: 0.01-0.4; medium depletion: 0.2-0.6; low

depletion: 0.4-0.8; nearly unexploited: 0.75-1.0. Input parameters for the CMSY model are shown in Table 1. The interpretation of the results was based on Froese *et al.* (2019) and Zhai *et al.* (2020).

Table 1. CMSY model input parameters (Froese *et al.*, 2017).

Species	Resilience		Depletion B/K ranges		
	Prior ranges r	Status	B _{start} /K	B _{ini} /K	B _{end} /K
<i>Sarda sarda</i>	0.37 - 0.85	Medium	0.2-0.6	0.5-0.9	0.01-0.4
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0.37 - 0.85	Medium	0.2-0.6	0.01-0.4	0.01-0.4
<i>Auxis rochei</i>	0.2 - 0.8	Medium	0.2-0.6	0.5-0.9	0.01-0.4

Results

The catch time series of the three small tunas caught by fleets operating in the algerian coast revealed an increase in the catches of *Sarda sarda* about 1042 tons in 2008. After this maximum, catches decreased in 2011. Catches of *Euthynnus alletteratus* were high between 1991 and 2002, a significant decline in catches has been estimated during 2000-2012. The reported landings of *Auxis rochei* steadily increased and reached a record in 2015 at about 1984 tons.

The FAO database shows that the averages of catches over the period 1991–2020 are registered to Bullet tuna (*Auxis rochei*) with

about 628.35 tons (range 173-1984 tons), then to Atlantic bonito (*Sarda sarda*) with 555.18 tons (range 261-1042 tons), and finally to the Litle tunny (*Euthynnus alletteratus*) with 295.2 tons (range 6-585 tons).

From CMSY analysis based on r-k pairs, we can get an overall picture of the environmental capacity and compare the calculated MSY with the catches of the selected year. Results of CMSY analysis are summarized in Table 2. The comparison of MSY with catches in 2020 shows that catches of *A. rochei*, *E. alletteratus* and *S. sarda* were lower than MSY (Table 2).

Table 2. Results for management based on CMSY analysis.

Stock	<i>Sarda sarda</i>	<i>Euthynnus alletteratus</i>	<i>Auxis rochei</i>
r (Year ⁻¹)	0.625	0.485	0.47
K (10 ³ t)	4.27	3.61	7.72
MSY (10 ³ t)	0.672	0.432	0.89
$Catches_{2020}$ (10 ³ t)	0.3694	0.2329	0.7317
B_{msy}	2.13	1.8	3.86
B_{2020}	1.26	1.02	2.47
F_{2020}	0.239	0.239	0.367
F_{msy}	0.313	0.242	0.235
B_{2020}/B_{msy}	0.593	0.563	0.639
F_{2020}/F_{msy}	0.763	0.984	1.56

The small tuna stocks status in the algerian coast, as determined by the CMSY method, are summarized below:

- Catches of *S. sarda* exceeded MSY in 2003, 2006 to 2010 and in 2019. However, the exploitation rate has been above the MSY level recently.
- Landings of *E. alletteratus* exceeded MSY from 1991 to 1999; after this year, catches were below MSY, and the exploitation rate was greater than 1 (except for 03 years 2004, 2012 and 2020).
- Catches of *A. rochei* exceeded MSY for recent years (except in 2013).
- The CMSY model has predicted biomass below the MSY after 2007 for *S. sarda*, after 1991 for *E. alletteratus* and after 2015 for *A. rochei*.
- The relative biomass of *S. sarda* decreased from 2010 onwards and

increased for *E. alletteratus* and *A. rochei* in recent years.

- A wide margin of uncertainty around the last year (2020).
- The last line of graphs (Fig. 2) shows the trend of relative stock size (B/B_{msy}) over relative exploitation (F/F_{msy}). The danger zone is in the lower right quadrant of the graph, the recovery zone is in the upper half of the lower left quadrant.
- The CMSY model indicated that the stock of *S. sarda* is overfished ($B_{2020}/B_{msy}=0.593$) and not subject to overfishing ($F_{2020}/F_{msy}=0.763$), *E. alletteratus* also is overfished ($B_{2020}/B_{msy}= 0.563$) and not subject to overfishing ($F_{2020}/F_{msy}= 0.984$). However, *A. rochei* is currently both overfished ($B_{2020}/B_{msy}=0.639$) and subject to overfishing

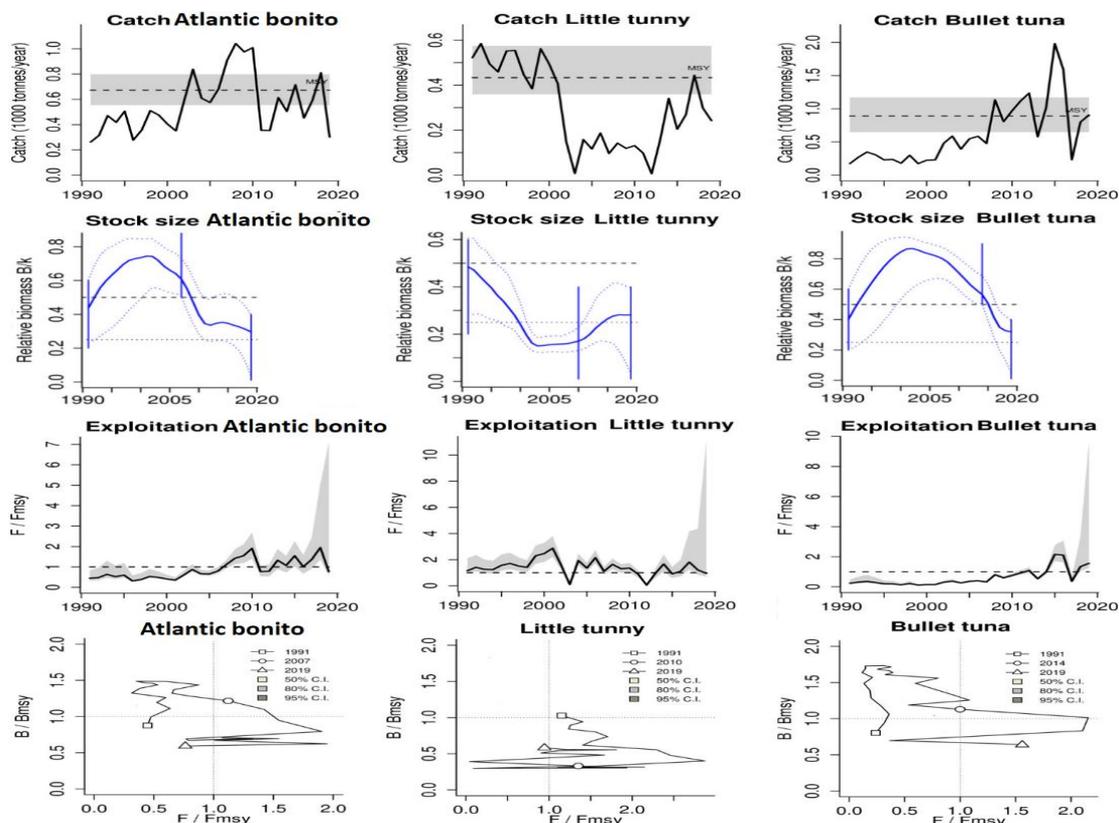


Figure 2. Results of Atlantic bonito (*S. sarda*), Little tunny (*E. alletteratus*), and Bullet tuna (*A. rochei*) stocks from CMSY analysis.

Discussion

The CMSY model can easily be applied to many fisheries because it only requires catch data and some prior ranges. It has been tested in several data-limited stocks for a range of specific stocks (Froese *et al.*, 2017; Winker *et al.*, 2017; Zhai *et al.*, 2020; Liang *et al.*, 2020; Andrašūnas *et al.*, 2022) with results being comparable to other data-poor methods.

This study applied this method to assess the status and exploitation levels of small tuna species fished by Algerian fleets in the southwest of the Mediterranean Sea. The Atlantic bonito and the Little tunny were evaluated as overfished and not subject to overfishing. However, Bullet tuna is currently both overfished ($B_{2020}/B_{msy}=0.639$) and in overfishing ($F_{2020}/F_{msy}=1.56$).

Limited studies on stock assessment of small tunas in Algeria were conducted. Ferhani (2016) found that the *A. rochei* was at an optimal level of exploitation. According to the results obtained in this study, and in order to allow stock recovery with better future yields, the management advice is straightforward: maintain the effort at the current level.

In the Mediterranean, the common problem of declared landings is the misidentification between these species, especially young *Auxis rochei* and *Euthynnus alletteratus*. *A. rochei* is not appreciated in spite of being the most abundant in the Mediterranean in terms of larval occurrence (Orsi Relini *et al.*, 2010).

Scombridae are some of the most difficult fish to study, their search is long, and their encounters are irregular, even when the most favourable conditions are met. The presence of these three species is closely linked to the availability of small pelagic which are the preferential prey for small tunas. These three

species are considered priority species of small tunas in the annual ICCAT program SMTYP (ICCAT, 2022). Nevertheless, biological data for these species are insufficient and requires more effort.

In conclusion, results obtained from this first study gives an overview of the stock status of these species. In order to have a rational and sustainable exploitation of these stocks the first management measure suggested is to maintain fishing effort at current level, this may help in recovering the overfished stocks. Furthermore, fisheries statistics and biological data, which can provide a basis of stock assessment and giving appropriate scientific advice, are generally incomplete and not updated. Therefore, more investigations deserve to be undertaken.

References

- Andrašūnas, V., Ivanauskas, E., Švagždys, A., & Razinkovas-Baziukas, A. (2022). Assessment of Four Major Fish Species Stocks in the Lithuanian and Russian Parts of Curonian Lagoon (SE Baltic Sea) Using CMSY Method. *Fishes*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fishes7010009>
- Carruthers, T. R., Punt, A. E., Walters, C. J., MacCall, A., McAllister, M. K., Dick, E. J., & Cope, J. (2014). Evaluating methods for setting catch limits in data-limited fisheries. *Fisheries Research*, 153, 48-68. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.12.014>
- Collette, B., & Nauen, E. (1983). FAO Species catalogue, Vol.2 Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO Fisheries Synopsis*, 125(2). Rome: FAO.137 p.
- FAO. (2022). Report of the Regional Commission for Fisheries (RECOFI) Special Workshop on SDG Indicator 14.4.1 Proportion of Fish Stocks within Biologically Sustainable Levels, Virtual Meeting, 5 August 2021. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1373. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb9564en>
- FAO. (2023). <https://www.fao.org/gfcm/data/capture-production>.
- Ferhani, k. (2016). Etude de la melva *Auxis rochei* (Risso, 1980) dans le bassin algérien : Biologie et exploitation par simulation multispécifique, multiflottille et économique. Mémoire de Magister, ENSSMAL, Alger : 77p.
- Ferhani, K., Hemida, F., & Chakour, S. C. (2017). Contribution à l'étude du régime alimentaire de la melva (*Auxis rochei*) de la côte algérienne. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 73(8), 2688-2694.
- Ferhani, K., Bekrattou, D., & Mouffok, S. (2021a). Inter-population morphological variability of the round sardinella (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) in the Algerian Coast based on body morphometric, meristic and otolith shape. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(6), 1757-1774. <https://doi.org/10.22092/IJFS.2021.125491>.
- Ferhani, K., Bekrattou, D., & Mouffok, S. (2021b). Body morphometric and otolith shape analyses of anchovy (*Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)) in the Algerian basin. *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences*, 62(2), 159-170. <https://doi.org/10.32582/aa.62.2.4>.
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M., & Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18(3), 506-526. <https://doi.org/10.1111/faf.12190>.
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., & Winker, H. (2019). A Simple User Guide for CMSY+ and BSM (CMSY_2019_9f. R). *Oceanrep: Kiel, Germany*, 1-16.
- Fromentin, J. M., & Bonhommeau, S. (2012). Populations ichtyologiques de grands pélagiques. Sous-région marine Manche-Mer du Nord. Evaluation initiale DCSMM.
- Hilborn, R., & Walters, C.J. (1992). Stock and Recruitment. In: R. Hilborn & C.J. Walters (Eds.), *Quantitative Fisheries S*tock Assessment; Choice, Dynamics, and Uncertainty. Chapman and Hall (pp. 241–296). New York.
- ICCAT. (2022). Rapport du Comité Permanent pour la Recherche et les Statistiques (SCRS), Madrid, Espagne / hybride, 26 - 30 septembre 2022, 383p.
- Jemaa, S., Bacha, M., Khalaf, G., Dessailly, D., Rabhi, K., & Amara, R. (2015). What can otolith shape analysis tell us about population structure of the European sardine, *Sardina pilchardus*, from Atlantic and Mediterranean waters. *Journal of Sea Research*, 96, 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.11.002>.
- Kell, L.T., Mosqueira, I., Grosjean, P., Fromentin, J-M., Garcia, D., Hillary, R., Jardim, E., Mardle, S., Padoa-Schioppa, M.A., Poos, J.J., Scott, F., & Scott, R.D. (2007). FLR: an open-source framework for the evaluation and development of management strategies. *ICES Journal of Marine Science*, 64(4), 640-646. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm012>.
- Liang, C., Xian, W., & Pauly, D. (2020). Assessments of 15 exploited fish stocks in Chinese, South Korean and Japanese waters using the CMSY and BSM methods. *Frontiers in Marine Science*, 7, 623. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00314>.
- Martell, S., & Froese, R. (2013). A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 14(4), 504-514. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00485.x>.
- Orsi Relini, L., Palandri, G., Garibaldi, F., Relini, M., Cima, C., & Lanteri, L. (2010). Large pelagic fish, swordfish, bluefin and small tunas, in the Ligurian Sea: biological characteristics and fishery trends. *Chemistry and Ecology*, 26(S1), 341-357. <https://doi.org/10.1080/02757541003627696>.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191, 1-382.
- Rosenberg, A. A., Kleisner, K. M., Afflerbach, J., Anderson, S. C., Dickey-Collas, M., Cooper, A. B., ... & Ye, Y. (2018). Applying a new ensemble approach to estimating stock status of marine fisheries around the world. *Conservation Letters*, 11(1), e12363. <https://doi.org/10.1111/conl.12363>.
- Schaefer, M.B. (1954). Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 1, 27-56. Available online: <https://aquadocs.org/handle/1834/21257> (accessed on 10 September 2021).
- Turan, C., Ergüden, D., Gürlek, M., Başusta, N., & Turan, F. (2004). Morphometric structuring of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Black, Aegean and Northeastern Mediterranean Seas. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(5), 865-871.
- Vinas, J., Bremer, J. A., & Pla, C. (2004). Phylogeography of the Atlantic bonito (*Sarda sarda*) in the northern Mediterranean: the combined effects of historical vicariance, population expansion, secondary invasion, and

isolation by distance. *Molecular phylogenetics and evolution*, 33(1), 32-42.

<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2004.04.009>.

Winker, H., Carvalho, F., Sharma, R., Parker, D., & Kerwath, S. (2017). Initial results for North and South Atlantic shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) stock assessments using the Bayesian surplus production model JABBA and the catch-resilience method CMSY. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 74(4), 1836-1866.

Zhai, L., Liang, C., & Pauly, D. (2020). Assessments of 16 exploited fish stocks in Chinese waters using the CMSY and BSM methods. *Frontiers in Marine Science*, 7, 483993. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.483993>.

Évaluation de la salubrité de l'eau de mer en utilisant le Système d'Information Géographique (SIG) pour la mytiliculture : Cas de la baie de Souahlia (Algérie)

Date soumission 07 mars 2024
Date acceptation 29 avril 2024

Chahinez LAAMA¹, Nour El Islem BACHARI²

c.laama@univ-chlef.dz

Résumé

Le littoral Algérien par sa côte d'environ 1600 km présente un potentiel aquacole peu exploité. L'aquaculture est devenue un enjeu socioéconomique pour l'Algérie, suite à l'accroissement de la population et sa demande en protéine animale essentiellement en produits de la mer. A cet effet, l'étude des caractéristiques physicochimiques et la qualité bactériologique des eaux destinées à l'élevage mytilicole est indispensable pour assurer d'une part le succès de la ferme aquacole et d'autre part la commercialisation d'un produit de haute qualité. Plusieurs stations ont fait l'objet de prélèvements mensuels d'eau de mer de Juin 2015 à Juillet 2016 à la baie de Souahlia, Nord-Ouest de Beni Haoua (wilaya de Chlef). Le logiciel Arc GIS 10.3 a été utilisé pour la cartographie et la délimitation des zones propices à mytiliculture. L'analyse des résultats obtenus avec le SIG a permis d'identifier une surface de 586 ha, représentée par 32 % de la surface totale adaptée à la croissance de *Mytilus galloprovincialis*. Cette étude a permis l'identification simple et rapide des sites appropriés à mytiliculture, en combinant plusieurs critères environnementaux.

Mots clés : Qualité d'eau, Mytiliculture, Système d'Information Géographique, Baie de Souahlia.

Abstract

The Algerian coastline with its coast of about 1600 km has a little exploited aquaculture potential. Aquaculture has become a socio-economic issue for Algeria, following the increase in the population and its demand for animal protein mainly in seafood. Indeed, the study of the physicochemical parameters and the bacteriological quality of seawater for mussel farming is essential to ensure both the success of the aquaculture and the marketing of a best quality of mussel. Several stations were subject to monthly seawater samples from June 2015 to July 2016 at Souahlia Bay, northwest of Beni Haoua (wilaya of Chlef).. The ArcGIS 10.3 software was used for mapping and delimitation of suitable sites. Analysis of the GIS results identified 586 ha, represented by 32% of the total area suitable for *Mytilus galloprovincialis* growth. This study allows for quick and easy identification of sites suitable for aquaculture, by combining several environmental criteria.

Keywords: Water quality, Shellfish aquaculture, Geographic Information System, Bay of Souahlia.

¹ Département de science de la mer, institut des sciences et techniques de la mer Ténès, Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie.

²Laboratoire d'Océanographie Biologique et Environment Marin (LOBEM), Faculté de biologie, Université des Sciences et technologie Houari Boumediène (USTHB), B.P. 32 El-Alia, Bab-Ezzouar 16111 Alger, Algeria.

1. Introduction

L'aquaculture durable et respectueuse de l'environnement est représentée par l'élevage des mollusques bivalves, essentiellement celui de *Mytilus galloprovincialis*. Cette filière n'exige ni des installations lourdes, ni de l'approvisionnement alimentaire (Brigolin *et al.*, 2009). La moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* est la principale espèce élevée en mer Méditerranée notamment la France, l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie (FAO, 2016). La qualité d'eau de mer où sera pratiqué ce type d'élevage constitue un critère primordial dans la sélection des sites favorables à l'activité aquacole et elle garantit la salubrité de ses produits (UICN, 2009). Par ailleurs, une évaluation attentive des caractéristiques environnementales du milieu marin est essentielle pour la planification et la gestion de cette activité. Les mollusques bivalves constituent source alimentaire mondiale importante, mais la pollution d'origine fécale des eaux marines peuvent avoir un impact négatif sur l'état sanitaire des coquillages (Feldhusen, 2000). Cependant, les mollusques bivalves sont des organismes filtreurs capables d'accumuler des polluants organiques et des bactéries pathogènes. En effet, la présence des germes indicateurs de contamination fécale au-delà d'une certaine concentration dans les eaux d'élevage ou bien dans la chair de moule, reflètent l'existence de germes pathogènes, ce qui poserait des problèmes sanitaires lors de la consommation humaine (Kapetsky et Aguilar-Manjarrez, 2007). En effet, la surveillance des zones de production des

bivalves doit être effectuée régulièrement pour déterminer si les mollusques sont propres à la consommation (Mok *et al.*, 2016).

Le Système d'Information Géographique (SIG) a été très utilisé pour l'affichage, la gestion et la communication des informations géoréférencées des données environnementales (Habeeb et Talib Weli, 2021; Newell *et al.*, 2013). L'une des applications importantes du SIG en aquaculture est la sélection des zones favorables à l'élevage et la gestion des zones destinées à la mytiliculture (Newell *et al.*, 2013). En outre, Il est utilisé pour la cartographie de la variation spatio-temporelle de la qualité environnementale des milieux d'élevage afin d'éviter une éventuelle crise environnementale (Habeeb et Talib Weli, 2021). Cette étude vise à élaborer une méthodologie fondée sur le travail du terrain couplé au Système d'Information Géographique (SIG) pour une démarche décisionnelle afin de délimiter les zones favorables à l'élevage de *Mytilus galloprovincialis*. Le travail du terrain concerne le suivi spatiotemporel des paramètres physico-chimiques et bactériologiques à la baie de Souahlia, Oued Ghaussine, littoral Chélifien.

2. Matériel et méthodes

Plusieurs conditions environnementales de milieu marin doivent être réunies pour mettre en place et réussir un élevage aquatique (Billard, 2005). En effet, plusieurs paramètres tels que la température de l'eau, la teneur en oxygène dissous, la salinité, la chlorophylle-a et les matières en suspension, les matières azotées et phosphorées ainsi que les paramètres

bactériologiques font partie des paramètres les plus importants à contrôler (UICN, 2009).

La qualité d'eau est évaluée en premier ordre par mesure *in situ* des paramètres physico-chimiques de l'eau comme la température de l'eau, le potentiel d'hydrogène (pH), la salinité, et l'oxygène dissous (Billard, 2005 ; UICN, 2009). En

second ordre, l'étude de la salubrité des eaux de la baie de Souahlia à travers la recherche des germes indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes totaux, les thermotolérants, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux (Billard, 2005 ; Figarella, 2001). Le tableau 1 indique les paramètres étudiés avec leur méthode d'analyse.

Tableau 1 . Récapitulatif des paramètres environnementaux étudiés avec leur méthode d'analyse (Laama et Bachari, 2017)

	Paramètres	Méthode et principe
Physico-chimiques	pH, température de l'eau, salinité, oxygène dissous	Valise multiparamètre type HI 9829 équipé d'un receveur GPS (Mesure <i>in situ</i>)
	Sels nutritifs (Ammonium, Nitrite, Nitrate, Phosphate)	Méthode colorimétrique Spectrophotomètre U.V visible Aminot et Kérouel (2005)
	Matière en suspension (MES)	Filtration Aminot et Kérouel (2005)
Biologique	Chlorophylle-a	Filtration, extraction avec Acétone, Spectrophotomètre UV visible à Lecteur à 665nm et 750nm Aminot et Kérouel (2005)
Bactériologiques	Coliformes totaux	Filtration, milieu gélosé Tergitol, incubation à 37°C Rodier et al. (2009)
	Thermotolérants	Filtration, milieu gélosé Tergitol, incubation à 44°C Rodier et al. (2009)
	Streptocoques fécaux	Filtration, milieu gélosé Slanetz et Bratley, incubation à 44°C Rodier et al. (2009)

2.1. Zone d'étude

La baie de Souahlia se situe à environ 180 km Nord-Ouest du littoral Algérien, dans la commune d'Oued Ghaussine, Daïra de Béni Haoua, wilaya de Chlef. Elle est délimitée à l'Est par l'îlot Kef Doumia et à l'Ouest par Kef Essouari (Figure. 1a).

A la baie de Souahlia, des sorties sur terrain ont été effectuées à bord d'un bateau

semi rigide, avec une fréquence d'une fois par mois de Juillet 2015 à Juin 2016. Au total, 14 stations ont fait l'objet de mesure *in situ*, dont 09 stations ont été recueillies dans des flacons et transportés dans une glacière, afin de les analyser au laboratoire (Figure.1b).

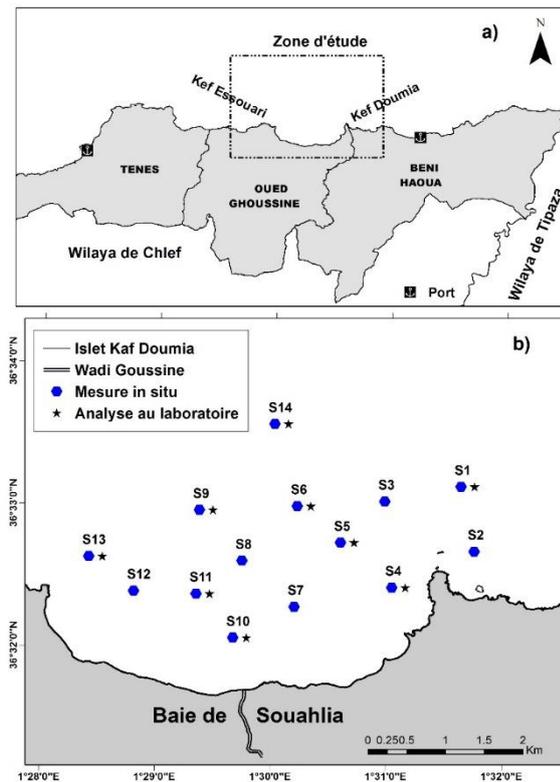


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude
 a) Localisation géographique de la baie de Souahlia
 b) positionnement des stations de prélèvement de l'eau de mer à la baie de Souahlia.

2.2. Suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer

Les paramètres physico-chimiques des eaux de la baie de souahlia tels que la température de l'eau, la salinité, l'oxygène dissous et le pH de l'eau ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multiparamètre de type HANNA HI 9829.

Les matières en suspension ont été déterminées par la méthode de filtration de 1 L d'eau de mer, en utilisant une rampe de filtration et un filtre en fibre de verre dont la porosité est de 0,7 μm et le diamètre est de 47 mm. Après filtration, le filtre est séché à 107 ° C pendant 2 h et pesé à l'aide d'une balance de précision (Aminot et Kérouel, 2004).

La chlorophylle-a a été obtenue par filtration de 1L d'eau de mer à l'aide d'un

filtre en fibre de verre dont la porosité est de 0,7 μm , puis l'extraction par acétone. La lecture des résultats a été effectuée en utilisant un spectrophotomètre UV visible à 665 et 750 nm avant et après acidification (Aminot et Kérouel, 2004 ; Rodier *et al.*, 2009).

2.3. Suivi de la qualité bactériologique de l'eau de mer

Des échantillons de l'eau de mer ont été prélevés à la surface en utilisant des bouteilles en verre stériles pour la recherche des coliformes totaux, des thermotolérants, *E.coli* et des streptocoques fécaux. La recherche et le dénombrement de ces germes ont été effectués par la méthode de filtration. Un volume de 100 ml d'eau de mer a été filtré sur un filtre stérile de 0,22 μm puis déposé sur un milieu adéquat et incubé à une température précise (Tableau 1) (Rodier *et al.*, 2009).

2.4. Analyse spatiale avec le Système d'Information Géographique (SIG)

L'utilisation du SIG facilite l'interprétation de l'information géographique ainsi que la gestion et le contrôle de la qualité de l'eau grâce à la collecte des données avec précision et rapidité et en ajoutant une grande capacité de stockage et de traitement (Habeeb et Talib Weli, 2021). En mytiliculture, le SIG est appliqué à la sélection des sites favorables à l'élevage des mollusques bivalves (Newell *et al.*, 2013). Dans la présente étude, les résultats obtenus ont été importés sur ArcGIS 10.3 pour l'interpolation par la méthode de l'Inverse Distance Pondérée (IDW), afin de générer des couches thématiques des paramètres étudiés. Ces couches ont été reclassées en utilisant l'analyse spatiale de l'ArcGIS version 10.3 à travers Fuzzy Overlay, suivant les exigences de *M.*

galloprovincialis (Marteil *et al.*, 1976 ; Gharbi et Millot, 2000 ; Le Moine et Gouletquer, 2013 ; ex MPRH, 2014). Cette analyse est également basée sur les normes de qualité des eaux marines (PAP/CAR, 1996). Une échelle de trois classes a été exploitée telle que : classe 3 (qualité bonne), classe 2 (qualité modérée) et classe 1 (qualité mauvaise) (Brigolin *et al.*, 2017; Bagdanavičiūtė *et al.*, 2018 ; Laama *et al.*, 2020).

3. Résultats et discussion

3.1. Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer

Les cartes de température de l'eau, salinité, oxygène dissous et matières en suspension générées par la technique IDW sont présentées dans les figures 3, 4 et 5 respectivement.

La température de l'eau est un facteur indispensable pour l'élevage aquacole, car elle a des effets directs sur la croissance et la reproduction (Billard, 2005). Au cours de l'année d'étude, la température de l'eau varie autour de 15°C en Février et Mars, puis elle augmente pour atteindre 25°C en Juillet. Elle est similaire dans toutes les stations et elle reflète les conditions météorologiques dans laquelle la zone est soumise.

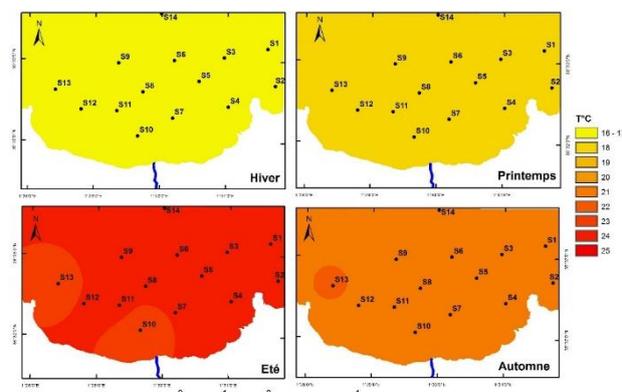


Figure 3. Température saisonnière enregistrée à la baie de Souahlia.

D'après Laama *et al.* (2020), les températures moyennes observées dans la baie de Souahlia ($21,18 \pm 3,42$) sont supérieures à celles enregistrées en Grèce ($19 \pm 3,55$ °C), en Italie ($17,5 \pm 2,73$ °C), en Croatie ($21,1 \pm 1$) et en Espagne ($19 \pm 4,32$), mais elles restent inférieures à celles observées en Turquie.

La salinité enregistrée est typique aux eaux Méditerranéennes, elle varie entre 35,5 et 37,5 psu (Figure 4), elle représente une large variabilité spatio-temporelle. Les faibles taux de salinité sont constatés localement, à proximité de cours d'eau temporaire (Oued Ghaussine), à la station S10 ainsi qu'à l'Ouest de la baie. En été, une diminution importante de la salinité est constatée jusqu'à 35,5 psu. L'apport d'eau douce pourrait avoir des répercussions incontournables pour certaines espèces ayant une faible tolérance aux fluctuations de salinité (Gharbi et Millot, 2000). *Mytilus galloprovincialis* est caractérisée par sa tolérance à une grande plage de salinité sachant que la filtration est maximale à 37 psu (Marteil *et al.*, 1976).

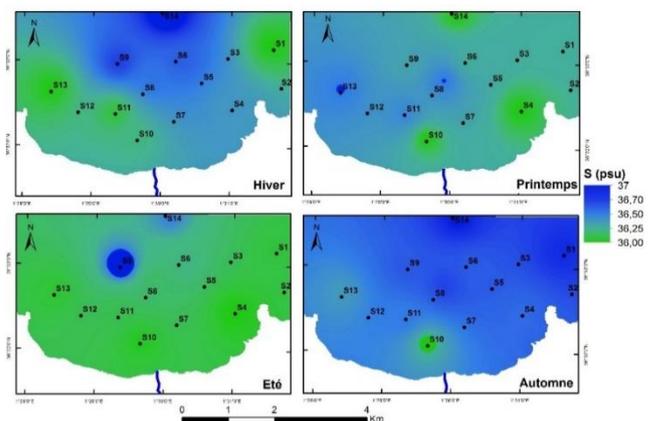


Figure 4. Salinité saisonnière enregistrée à la baie de Souahlia.

A la baie de Souahlia, la variabilité spatiotemporelle d'oxygène dissous illustrée dans la Figure 5 est relativement large, la fluctuation moyenne est entre 6,18 mg/L (saturation d'environ 85%) en été et 8mg/L (saturation dépasse 100%) en printemps. Les concentrations moyennes en oxygène dissous à l'Est de la baie sont élevées que celles de l'Ouest. Tandis qu'en automne, les concentrations moyennes en oxygène dissous diminuent de la côte vers le large où elles deviennent inférieures à celle de large aux stations S6, S9 et S14. Ces teneurs sont favorables à la vie de *Mytilus galloprovincialis*, car le processus de filtration nécessite au moins une quantité de 3 mg/L (Marteil *et al.*, 1976).

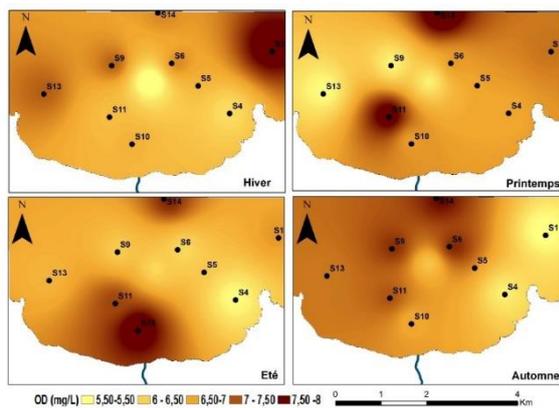


Figure 5. Concentration saisonnière en oxygène dissous enregistreé à la baie de Souahlia.

Les eaux de la baie de Souahlia se caractérisent par une forte variation saisonnière de la teneur en MES en hiver notamment à la station S10 autour de 15 mg / L (Figure 6). La principale source de cette turbidité étant Oued Ghaussine, en particulier en période de tempêtes et de fortes précipitations.

La croissance des mollusques dépend principalement de la richesse du milieu marin en éléments nutritifs et des possibilités qu'ils ont d'utiliser cette richesse. Le phosphore et l'azote favorisent

le développement du plancton végétal, ils constituent la principale source de nourriture des mollusques (Marteil *et al.*, 1976 ; Aminot et Kérouel, 2004).

Les concentrations en nutriments tels que l'ammonium, nitrite, nitrate et phosphate sont très faibles (Figure 7). Leur variabilité saisonnière est très marquée à cause de leur assimilation par la végétation autotrophe où des concentrations faibles sont constatées en printemps surtout pour les phosphates qui constituent un facteur limitant. Ces teneurs reflètent le caractère oligotrophe de la mer Méditerranée. Rodier *et al.* (2009), précise que, les concentrations de l'azote inorganique avec ses différentes formes en milieu marin sont ; (0 à 50 $\mu\text{g/L}$) pour NH_4^+ et (0 à 500 $\mu\text{g/L}$) pour NO_3^- . A travers ces valeurs de références, les nutriments existants dans les eaux de la baie correspondaient bien à la croissance de *Mytilus galloprovincialis*.

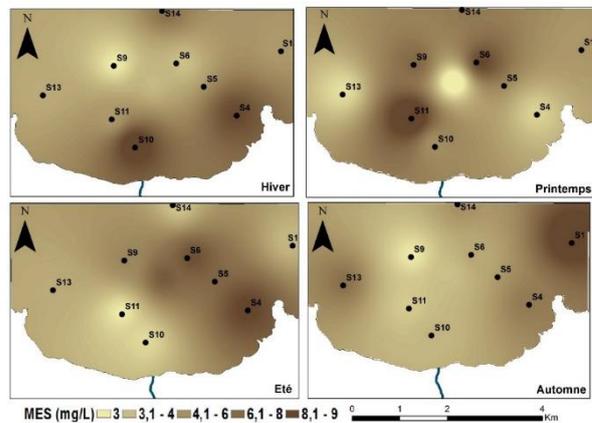


Figure 6. Concentration moyenne saisonnière des matières en suspension à la baie de Souahlia.

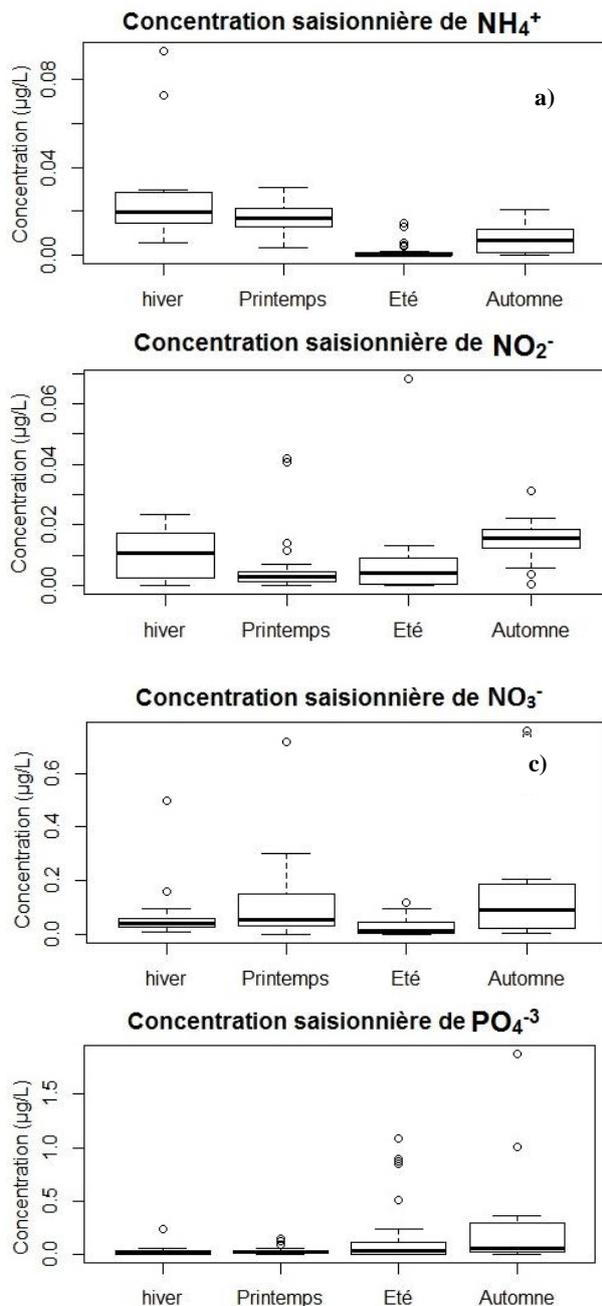


Figure 7. Boxplot de la concentration moyenne des sels nutritifs en fonction de saison à la baie de Souahlia a) ammonium b) nitrite c) nitrate d) phosphate.

La chlorophylle-a est un paramètre clé, elle agit sur le développement du phytoplancton et elle constitue la principale

source de nourriture des mollusques filtreurs (Marteil *et al.*, 1976). La chlorophylle-a influence la variation de la concentration de l'oxygène dissous, les sels nutritifs, le pH et le carbone organique particulaire (Aminot et Kérouel, 2004). Les résultats obtenus de la chlorophylle-a mettent en évidence une grande variabilité spatiotemporelle avec des concentrations faibles en hiver (~ 1 µg/L) et en été (1 à 2 µg/L) et des concentrations fortes au printemps (5 à 6 µg/L) et en automne (~ 4,2 µg/L). En hiver, les stations S10, S11, S13, S1 et S9 sont caractérisées par les concentrations les plus basses. Des concentrations extrêmes sont enregistrées en période printanière particulièrement à la station S10 et S11 (7 µg/L). En automne, les stations S1, S11 et S13 présentent des concentrations nettement supérieures aux autres stations. En effet, la forte concentration observée à la baie de Souahlia au printemps notamment à la station S10 s'explique par les apports continentaux (Oued Ghaoussine). Ces derniers enrichissent l'eau de la baie en nutriments, en particulier en hiver, dès l'arrivée du printemps une importante production végétale est constatée.

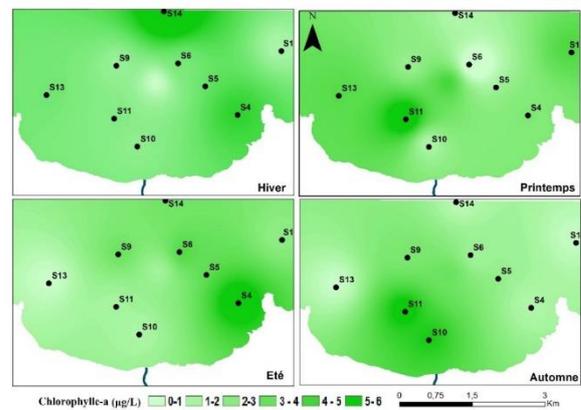


Figure 8. Concentration moyenne de la chlorophylle-a observée à la baie de Souahlia en fonction de saison.

3.2. Variation des paramètres bactériologiques

Le dénombrement de coliformes totaux montre des concentrations assez faibles, avec des répartitions inéquitables entre les stations échantillonnées (Figure 9). Les

concentrations sont élevées à la côte et en face à l'embouchure de cours d'eau d'Oued Ghaussine en hiver et en automne. Les faibles taux marquent l'été avec une concentration maximale que ne dépasse pas 40UFC/100ml.

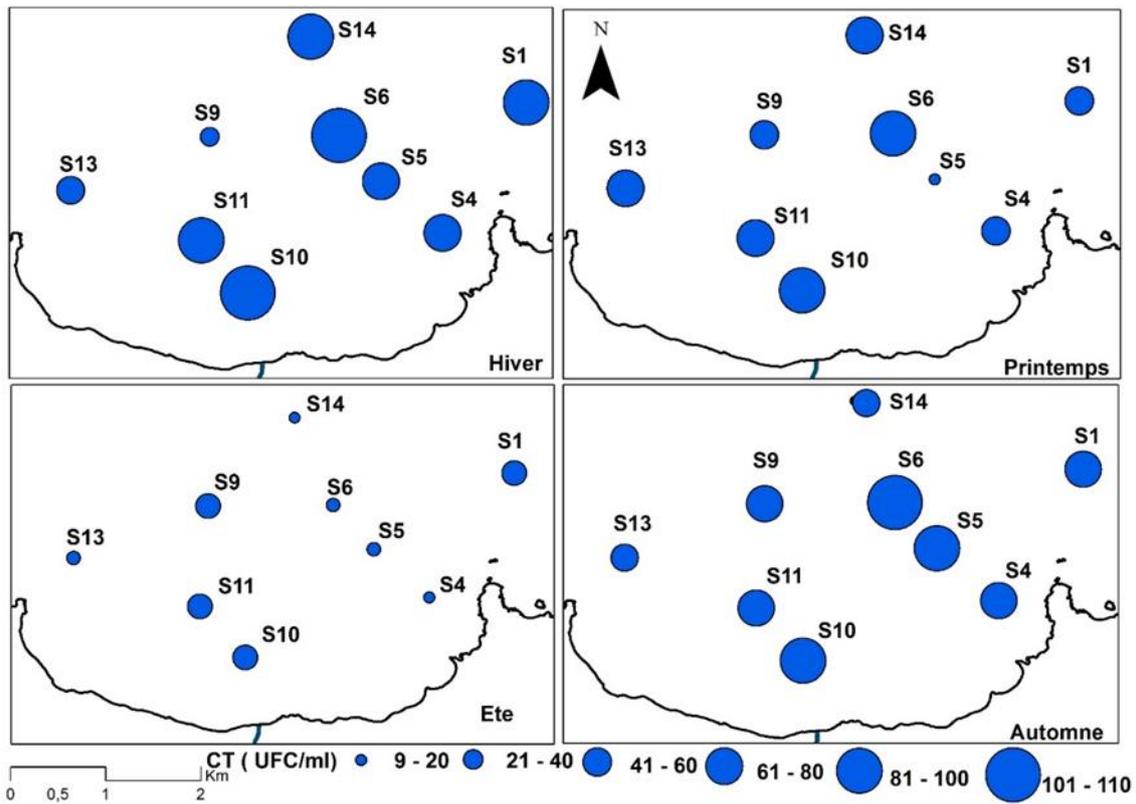


Figure 9. Distribution spatiotemporelle de la teneur en coliformes totaux à la baie de Souahlia.

Les écart-types indiqués dans la Figure 10 montrent une forte variabilité de la concentration saisonnière en thermotolérants sauf en hiver où il est inférieur à 1. La concentration en thermotolérants se situe entre 0 et 12 UFC/100 ml en hiver et au printemps. Elle varie entre 11 UFC /100ml en été et 14 UFC/100ml en automne.

En gros, les eaux de la baie sont de bonne qualité, elles sont marquées par l'absence totale d'*Escherichia coli* et de streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont conformes à la norme de classement des zones de production conchylicole selon

la directive de la communauté européenne du 15/07/91 (91/492/CEE) (Journal Officiel des Communautés Européennes, 1979). Egalement, ces concentrations sont largement inférieures à la valeur guide fixée par Organisation Mondiale de la Santé (OMS) du décret n°93-16 du 10 juillet 1993.

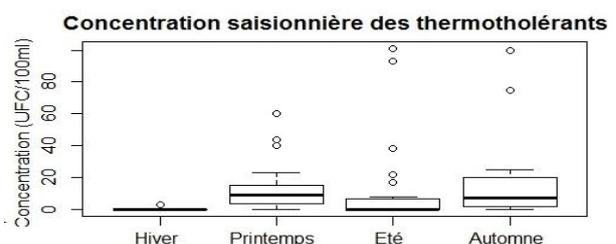


Figure10. Boxplot de la concentration moyenne des thermotolérants par saison.

3.3 Analyse spatiale

L'analyse des résultats obtenus avec le SIG a permis d'identifier une surface de 586 ha, environ 32% de la surface totale de la baie adaptée à l'activité mytilicole notamment à l'élevage de *Mytilus galloprovincialis* (classe 3), alors que plus de 1261 ha est de classe modérée (classe 2). Cette différence de classification est due principalement à la richesse des eaux de la baie en matière en suspension et en chlorophylle-a, apportées par Oued Ghaussine (Figure 11).

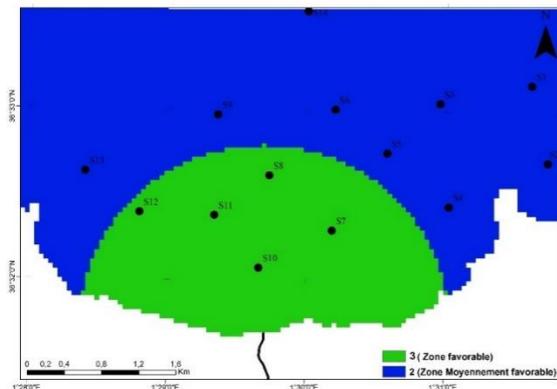


Figure 11. Classification de zone adaptée à l'élevage de *M. galloprovincialis* en fonction des caractéristiques environnementales de la baie de Souahlia.

Conclusion

Cette présente étude permet de définir les zones favorables à la mytiliculture en se basant à la fois sur les paramètres physicochimiques, la qualité bactériologiques de l'eau et le Système d'Information Géographique (SIG). Les résultats obtenus dans cette étude démontrent que les caractéristiques hydrologiques de la baie de Souahlia sont homogènes, avec quelques différences liées aux apports terrigènes et à l'hydrodynamisme. Ces eaux sont favorables à l'élevage de la moule méditerranéenne, *Mytilus galloprovincialis* surtout que la croissance de celle-ci est

tributaire de la qualité de l'eau, notamment la richesse du milieu en phytoplancton et en matières en suspension. Les paramètres étudiés pour l'évaluation de la qualité de l'eau de la baie de Souahlia respectent la norme recommandée pour l'élevage de cette espèce. Cette étude a également révélé l'état sanitaire des mollusques bivalves qui seront produits à la baie de Souahlia, selon les critères environnementaux recommandés par les organisations internationales, surtout en absence totale d'activités pouvant endommager la qualité de l'eau, en particulier la pollution par les eaux usées domestiques et industrielles.

Remerciement

Les auteurs sont très reconnaissants à la ferme El-Mokretar Aqua et au personnel de laboratoire de Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

Références

- Aminot, A., Kerouel R. (2004).** *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses*. Paris, France : Éd. IFREMER.
- Arduini, D.; Portacci, G., Giangrande, A., Acquaviva, M.I.; Borghese, J., Calabrese, C., Giandomenico, S., Quarta, E., Stabili, L. (2023)** Growth Performance of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 under an Innovative Integrated Multi-Trophic Aquaculture System (IMTA) in the Mar Grande of Taranto (Mediterranean Sea, Italy). *Water* 15, 1922. 1-17p.
- Bagdanavičiūtė, I., Umgiesser, G., Vaičiūtė, D., Bresciani, M., Kozlov, I., Zaiko, A. (2018).** GIS-based multi-criteria site selection for zebra mussel cultivation: Addressing end-of-pipe remediation of a eutrophic coastal lagoon ecosystem. *Science of the Total Environment* 634, 990–1003p.
- Belgaid, I. Nacef, L., Alioua, Z., Bachari, N.I. (2022).** How do mussel provenance and spat size affect mussel aquaculture performance in the South-Western Mediterranean (Algeria)? *Oceanological and Hydrobiological Studies* 51, 239-256p.
- Billard R. (2005).** *Introduction à l'aquaculture*. Paris, France : Ed TEC et DOC.
- Brahimi, S.; Bouyakoub, I.; Taounza, R.; Boudjenah, M.; Morsli, H.; Koheil, A. (2021).** Essai de captage des naissains de moules dans la baie de Bou-ismail. *Hippocampus* 6, 15-19p.
- Brigolin, D., Dal Maschio, G., Rampazzo, F., Giani, M. and Pastres, R. (2009).** An individual-based population dynamic model for estimating biomass yield and nutrients fluxes through an offshore mussel (*Mytilus galloprovincialis*) farm. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82, 365–376.
- Brigolin, D., Porporato, E.M.D., Prioli, G., Pastres, R. (2017).** Making space for shellfish farming along the Adriatic coast. *ICES journal Marine Science* 74, 1540 – 1551p.
- Demangel, G., Chikhaoui, M., Gasnier, D., Cheniti, S., Prigent, F., Aous, N., Reghis, M. (2019).** Guides pratiques de l'hygiène pour les opérateurs privés de la pêche et de l'aquaculture N°9. Ed. Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
- ex MPRH (Ministère de la pêche et des ressources halieutiques). (2014).** Bilan (2012-2014), perspective 2030 et projet « plan aquapeche2020 », Alger, 70p.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). (2016).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 210p.
- Feldhusen, F. (2000).** The role of seafood in bacterial foodborne disease. *Microbes Infect* 2, 1651–1660p.
- Figarella, J., Leyral, G., Terret, M. (2001).** *Microbiologie générale et appliquée*. Paris, France : Ed. Jacques Lanore.
- Gharbi R, Millot L. 2000.** Guide d'évaluation du potentiel biophysique des sites de mariculture au Québec. Ed. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation, 37 p.
- Guiraud, J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris, France, 652p.
- Habeeb, N.J., Talib Weli, C. (2021).** Combination of GIS with Different Technologies for Water Quality: An Overview. *HighTech and Innovation Journal* 3, 262-272p.
- Journal officiel des communautés européennes. (1979).** Directive du conseil du 30 octobre 1979 relative à la qualité requise des eaux conchylicoles N°I281, 47-52p.
- Kapetsky, J.M., Aguilar-Manjarrez, J. (2007).** Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 458, Rome, 125 p.
- Keskin, I., Ekici, A., Serdar, S. (2020).** Determination of the growth performance of *Mytilus galloprovincialis* in nets at Gökçeada Island, *The European Zoological Journal* 87, 559-570.
- Laama, C., Bachari, N.E.I. (2017).** Spatiotemporal variation of physicochemical and bacteriological parameters for site selection of finfish cage in Souahlia bay, Chlef (Algeria). *Proceeding of Euro-Mediterranean conference for environmental integration (EMCEI-1)* Tunisia 2017, Springer internal publishing AG.
- Laama, C., Bachari, N.I. (2018).** Evaluation of site suitability for the expansion of mussel farming in the Bay of Souahlia (Algeria) using empirical models. *Journal of Applied Aquaculture* 31, 337-355p.
- Laama, C., Hassani, A., Bachari, N.E.I. (2020).** Site selection for finfish cage farming using spatial multi-criteria evaluation and their validation at field in the Bay of Souahlia (Algeria). *Aquaculture international*, 28 : 2419-2436p.

Le Moine, O., Gouletquer, P. (2013). Applications des Systèmes d'Information Géographiques en aquaculture. France, IFREMER, Paris, 84p.

Marteil, L., Comps, M., Dardignac-corebeil, M.J., Dertreil, J.P., Gras, P., Grizel, H. et al. (1976). La conchyliculture française : Biologie de l'huitre et de la moule ,2^{ème} partie. Institut scientifique et technique des pêches maritimes, Nantes, 319p.

PRH. 2022. Le résultat intermédiaire du secteur de la pêche maritime et des produits aquatique intitulé activité pour l'année 2020. Ministère de la pêche et des ressources halieutiques. Alger, Algérie, 38 p.

Mok, J.S., Lee, T.S., Kim, P.H., Lee, H.J., Ha, K.S., Shim, K.B., Lee, K.J., Jung, Y.J., Kim, J.H. (2016). Bacteriological quality evaluation of seawater and oysters from the Hansan - Geojeman area in Korea, 2011–2013: Impact of inland pollution sources. *SpringerPlus* 5, 2-16p.

Newell, C.R., Hawkins, A.J.S., Morris, K., Richardson, J., Davis, C., Getchis, T. (2013). ShellGIS: a Dynamic Tool for Shellfish Farm Site Selection. *World aquaculture*, 52-55p.

PAP/CAR. (1996). Approche pour l'aménagement de zones côtières en relation avec l'aquaculture en Méditerranée. Ed. PAP-10/EAM/gl.1. Split, Croatie, 383p.

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. 2009. *L'analyse de l'eau*. Paris, France : 9^{ème} Ed.

UICN (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources). (2009). Guide pour le développement durable de l'aquaculture méditerranéenne 2. Aquaculture : Sélection et Gestion des Sites, Gland, Suisse et Malaga, Espagne, 340p.

Economic analysis of the fisheries and aquaculture sector in Algeria, and growth prospects in the context of the blue economy

Date soumission 15 février 2024
Date acceptation 19 mai 2024

*Rachid ANNANE*¹
r.annane@cnrdpa.dz

Abstract:

The fisheries and aquaculture sector in Algeria has attracted significant attention since 2018, and these encouraging indicators were further confirmed by developments of what in 2022. The remarkable growth experienced can be attributed to several key factors that have contributed to the substantial increase in aquaculture production. This growth has been supported by a sectoral policy focused on promoting aquaculture, facilitating technology transfer, and implementing incentive measures. Moreover, the redirection of capital towards this sector, particularly after the recession in the public works sector, has accelerated growth and development. The data underscores this robust growth, with the sector generating 115,672 direct jobs and witnessing an impressive overall production increase of 11.13%, primarily driven by a substantial 21.43% rise in aquaculture. Export volumes surged by an exceptional 149.5%, accompanied by a 68.07% increase in value, while imports saw a decline of -23.43%. Turnover also saw a significant increase of 15.57%. By 2022, the sector had gained strategic recognition, constituting 5% of the entire agricultural sector, contributing 0.2% to GDP, and supporting over 145,000 jobs. The investment landscape has also played a crucial role, with approximately 10 billion DA invested in aquaculture alone, leading to remarkable growth of 67%. Aquaculture, currently representing 10% of the sector's total production, doubled within two years, demonstrating double-digit growth and aiming to achieve 33% by 2035 and 50% by 2050 through substantial investment. Despite these impressive numbers, challenges such as limited fish stocks necessitate stringent measures to ensure the sustainability of the fishery. Nevertheless, these advancements present significant opportunities for the sustainable development of the sector, showcasing promising prospects for further growth, job creation, and economic contribution. Moreover, the success of Algeria's fisheries and aquaculture sector aligns with the principles of the blue economy, emphasizing sustainable use and conservation of marine resources. The development of this sector within the blue economy framework is crucial for ensuring long-term environmental and economic viability, fostering innovation, and promoting responsible practices. This approach not only contributes to economic growth but also supports environmental conservation, making it imperative for the sector's continued success and contribution to a sustainable and prosperous future.

Keywords: Sustainability, Development, Growth, Maritime, Investment.

¹ National Center for Research and Development of Fisheries and Aquaculture

ملخص:

اجتذب قطاع الصيد البحري وتربية الأحياء المائية في الجزائر اهتماما كبيرا منذ عام 2018، وتأكدت المؤشرات المشجعة من خلال تطوره في عام 2022. ويمكن أن يعزى النمو الملحوظ الذي شهده إلى العديد من العوامل الرئيسية التي ساهمت في الزيادة الكبيرة في إنتاج تربية الأحياء المائية. وقد تم دعم هذا النمو من خلال سياسة قطاعية تركز على ترقية تربية الأحياء المائية، وتسهيل نقل التكنولوجيا، وتنفيذ التدابير التحفيزية. علاوة على ذلك، فإن إعادة توجيه رأس المال نحو هذا القطاع، خاصة بعد الركود في قطاع الأشغال العامة، أدى إلى تسريع النمو والتنمية. وتؤكد البيانات هذا النمو القوي، حيث خلق القطاع 115,672 فرصة عمل مباشرة وشهد زيادة مذهلة في الإنتاج الإجمالي بنسبة 11.13%، مدفوعة في المقام الأول بارتفاع كبير بنسبة 21.43% في تربية الأحياء المائية. وارتفعت أحجام الصادرات بنسبة استثنائية بلغت 149.5%، مصحوبة بزيادة في القيمة بنسبة 68.07%، في حين شهدت الواردات انخفاضا بنسبة -23.43%. كما شهدت قيمة التداول زيادة كبيرة بنسبة 15.57%. وبحلول عام 2022، اكتسب القطاع اعترافاً استراتيجياً من طرف الحكومة، ليشكل 5% من إجمالي القطاع الزراعي، ويساهم بنسبة 0.2% في الناتج المحلي الإجمالي، ويدعم أكثر من 145 ألف وظيفة. ولعب المشهد الاستثماري أيضاً دوراً حاسماً، حيث تم استثمار ما يقرب من 10 مليار دج في تربية الأحياء المائية وحدها، مما أدى إلى نمو ملحوظ بنسبة 67%. وتمثل تربية الأحياء المائية حالياً 10% من إجمالي إنتاج القطاع، وقد تضاعفت في غضون عامين، مما يدل على نمو مزدوج الرقم ويهدف إلى تحقيق 33% بحلول عام 2035 و50% بحلول عام 2050 من خلال استثمارات كبيرة. وعلى الرغم من هذه الأرقام المثيرة للإعجاب، فإن التحديات مثل محدودية المخزونات السمكية الطبيعية تتطلب اتخاذ تدابير صارمة لضمان استدامة مصايد الأسماك. ومع ذلك، فإن هذه التطورات توفر فرصاً كبيرة للتنمية المستدامة للقطاع، وتعرض آفاقاً واعداً لمزيد من النمو، وخلق فرص العمل، والمساهمة الاقتصادية. علاوة على ذلك، فإن نجاح قطاع مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية في الجزائر يتماشى مع مبادئ الاقتصاد الأزرق، مع التركيز على الاستخدام المستدام والحفاظ على الموارد البحرية. ويعد تطوير هذا القطاع ضمن إطار الاقتصاد الأزرق أمراً بالغ الأهمية لضمان الجدوى البيئية والاقتصادية على المدى الطويل، وتعزيز الابتكار، وتشجيع الممارسات المسؤولة. ولا يساهم هذا النهج في النمو الاقتصادي فحسب، بل يدعم أيضاً الحفاظ على البيئة، مما يجعل من الضروري استمرار نجاح القطاع والمساهمة في مستقبل مستدام.

الكلمات المفتاحية: الاستدامة، التنمية، النمو، البحري، الاستثمار.

1. Introduction :

The agency (ANDI²) has identified nine strategic sectors with the potential to create added value, including renewable energy, agriculture, industry, tourism, fisheries, health, transport, and mining. Most of these areas are directly or indirectly linked to the sea. The fisheries sector is highlighted as one of the four investment opportunities in Algeria. There is an opportunity to develop chains of activities related to fishing and aquaculture, such as pescatourism and breeding tropical species that benefit from the discharge of hot water from electricity production facilities. Additionally, there's potential for manufacturing industrial salts using concentrated water from desalination stations. These initiatives optimize resources, provide environmental solutions for sustainable development, stimulate growth, and generate sub-activities within the value chain.

The issue of sustainability in the economic context is a very important dimension. Algeria is involved in the realization of the sustainable development goals (SDGS) for 2030 which were adopted by the United Nations organization in September 2015 (Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables, 2023)., a number of institutions and other stakeholders have taken steps to plan for 2030. In this sense, a number of encouraging results have been observed, in particular the appropriation of the SDGs by the various stakeholders, the incorporation Sustainable Development Goals (SDGs) in national development programs and their execution, the establishment of institutional monitoring and evaluation mechanisms as well as tools

for the implementation of the 2030 Agenda. (Comité Algérien interministériel, 2019).

As part of this dynamic of sustainable development, and among the geographical areas in Algeria with strong socio-economic diversity, the sea represents a resource and a development opportunity to achieve the objectives of sustainable development, in particular through objective 14³. However, investments related to the sea remain relatively low and fall short of being a significant driver of national economic growth. Within this context, marine aquaculture stands out, showing satisfactory growth over the past five years and holding considerable development potential, as outlined in a national strategy for 2030. Nevertheless, intersectoral support is notably lacking to accelerate the realization of this plan. More than 500 validated projects have yet to be launched due to various administrative and financial obstacles.

Since the oil price collapse in 2014, coupled with a downturn in the public works sectors and imposed import restrictions, some capital has shifted towards investment in fishing and aquaculture. Unfortunately, this momentum has failed to yield significant results due to the lack of financial support and an integrated national strategy within the framework of an interconnected concept like the blue economy.

Algeria, actively engaged in the global and African initiatives for the development of the blue economy, possesses a significant opportunity to achieve substantial growth by serving as a hub for commerce and technology transfer between continents. The Sustainable Blue Economy Conference held in Nairobi in November 2008, themed

² National Investment Development Agency.
www.andi.dz

³ Conserve and sustainably use the oceans.

'The Blue Economy and the 2030 Agenda for Sustainable Development,' explored emerging technologies applicable to oceans, seas, lakes, and rivers. This conference tackled challenges, opportunities, priorities, and potential partnerships. Recognizing this development potential, the African Union (AU) included it in its Agenda 2063 as a key goal and priority area for the upcoming decade, emphasizing the exploitation of Africa's vast potential as a central aspiration for a thriving continent.

The Algerian blue economy strategy SNEB 2030 takes into consideration port infrastructure, fishing and aquaculture as the main axes to meet economic, environmental and social commitments (Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques, 2021). The sectors of maritime activity in Algeria are mainly focused on the exploitation of marine and aquatic resources, currently include coastal fishing, aquaculture, commercial transport, port services, tourism, and recently desalination and production energy with offshore prospecting attempts (Union Européenne, 2018). The blue economy approach emphasizes the interconnectedness between maritime activities and other sectors, acknowledging emerging and promising sectors for the future by enhancing their integration with other areas of economic activity. It recognizes these related sectors as integral components of an integrated ecosystem services framework, leveraging both biological and non-biological resources. (Vierros Marjo, 2017).

The aim of this study is to conduct a comprehensive analysis of the present state of the fishing and aquaculture sector, emphasizing their economic significance

and their contribution to the national economy. Furthermore, a SWOT analysis will be conducted to assess the tangible accomplishments of the past two decades. This approach seeks to pinpoint growth prospects within the sector, particularly within the framework of the blue economy.

2. Methods:

The methodology employed in this study is founded on a meticulous understanding of Algeria's fishing and aquaculture sector, with the primary goal of providing readers with a clear assessment of the reliability and validity of the data and analysis presented. To ensure precision and accuracy, an investigative approach was adopted, involving the systematic collection of data from pertinent administrative institutions. This comprehensive process included conducting surveys and interviews with key stakeholders to gather firsthand insights and perspectives, thus significantly enhancing the robustness of the research and ensuring a well-rounded approach.

In addition to this, a thorough retrospective analysis of data spanning from 2000 to 2022 was conducted. This extensive temporal analysis not only provided a comprehensive overview but also enabled the identification of long-term trends and developments within the sector. By contextualizing current dynamics within a broader timeframe, this historical analysis significantly contributed to the credibility of the findings. Furthermore, an in-depth examination of recent policy implementations was undertaken, serving as a crucial component in understanding the trajectory of governmental interventions. This analysis drew upon national reports and insights from reputable international institutions, thereby further strengthening

the reliability of the study's informational foundation.

To augment the depth of analysis, a comprehensive SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) assessment was conducted. This strategic evaluation helped identify the industry's inherent strengths, weaknesses, opportunities, and threats, providing a structured framework for evaluating the sector's competitive landscape and strategic outlook. Moreover, the study incorporated insights from development initiatives and the current status of the fishing sector in Mediterranean countries, enriching the analytical framework with comparative perspectives and regional dynamics.

Furthermore, the study consists of analyzing the recent demand for investment and its impact on the realization of new projects within the sector. This analysis aimed to assess the effectiveness of sectoral policies that include various incentive measures, thus offering insights into the sector's growth potential. Additionally, the efficiency of investments was evaluated by monitoring the evolution of production, serving as the final objective and impact indicator. Through these rigorous analyses, the study reliably identified the real determinants of the sector's development, providing valuable insights for informed decision-making.

Moreover, the study acknowledged the significance of analyzing the sector's interconnections with other maritime activities. This comprehensive analysis was crucial in recommending a sound strategy adapted to the context of the blue economy, ensuring sustainable development and optimal utilization of marine resources. By

integrating these diverse analyses and perspectives, the study aimed to offer a holistic, comprehensive, and robust assessment of Algeria's fishing and aquaculture sector, thereby contributing valuable insights for policymakers and industry stakeholders alike.

3. Results and discussion:

3.1 Sectoral economic assessment:

The fisheries and aquaculture sector has shown promising economic ⁴ indicators since 2018 (ONS, 2022), characterized by 115,672 direct jobs and several hundred thousand jobs generated by value chains, has witnessed significant growth, with an overall increase of 11.13% in production, including a remarkable 21.43% growth in aquaculture. Exports have surged by 149.5% in volume and 68.07% in value, while imports have decreased by -23.43%, accompanied by a 15.57% increase in turnover.

This sector plays a pivotal role in stimulating maritime economic development. Its significance within the framework of the blue economy is underscored by its symbiotic relationship with various sectors, particularly in environmental preservation and aquatic ecosystem management. Furthermore, its expansion contributes to growth in other sectors by creating opportunities in tourism, services, transformations, nautical recreation, and more. (ANNANE, 2024)

Designated as a strategic sector in the new investment law of 2022, the fisheries and aquaculture industry is poised to further drive economic progress and sustainability (SGG Algérie, 2022), represents 5% of the overall agricultural sector (according to

⁴ Data source: Ministry of Fisheries - ONS

ONS statistics which include agriculture and fishing), contributing 0.2% to GDP and employing over 145,000 people⁵ directly and indirectly, generating a gross added value of more than \$600 million annually. Comprising sea fishing, aquaculture, and associated industries integrated into upstream and downstream value chains, the fisheries sector plays a vital role in the blue economy. Despite limited fish stocks posing challenges for medium-term growth, domestic coastal fishing remains a significant driver, sustaining over 142,000 jobs along the coastal strip with an annual production of approximately 100,000 tones. To ensure the sustainability of this activity, rigorous measures for stock regeneration and restoration are imperative.

Furthermore, aquaculture is experiencing rapid growth, with a 67% increase in 2022. Completed projects are poised to boost production by over 200% by the end of 2024. Investment opportunities across the aquaculture value chain, from inputs to processing, packaging, and marketing, position this sector as a critical driver for blue economy growth. Moreover, it serves as a catalyst for coastal tourism, catering services, and port activities.

In the context of Algeria's fisheries and aquaculture sector, the impacts of climate change are becoming increasingly worrisome. The Mediterranean Sea, which borders Algeria's coastline, is undergoing significant changes due to rising sea temperatures attributed to climate change. These warming waters have profound effects on the distribution and abundance of marine species, including fish crucial for the fishing industry and aquaculture operations

in the region. As fish species migrate to cooler waters or face habitat loss, traditional fishing practices must adapt to these shifts. (ANNANE, 2024)

To address these challenges, proactive and adaptive management strategies are imperative. This includes revising fishing practices to align with the changing distribution of fish species, implementing measures to reduce bycatch and overfishing, and enhancing stock assessment methods to accurately gauge the health of fish populations. Additionally, promoting sustainable aquaculture techniques that are resilient to fluctuating environmental conditions is crucial. This may involve using closed-system aquaculture methods, incorporating natural ecosystem processes into aquaculture designs, and employing technologies to monitor water quality and mitigate pollution.

Furthermore, fostering collaboration with international partners and engaging with scientific research institutions can yield valuable insights and innovative solutions. Collaborative efforts can involve knowledge sharing on climate change impacts, best practices in sustainable fisheries and aquaculture management, and joint research projects to develop climate-resilient strategies. By leveraging expertise and resources from global partners, Algeria can strengthen its capacity to adapt to climate change challenges effectively.

It is essential to emphasize the importance of investing in education and capacity building within the fisheries and aquaculture sectors. Training programs on climate-smart practices, sustainable

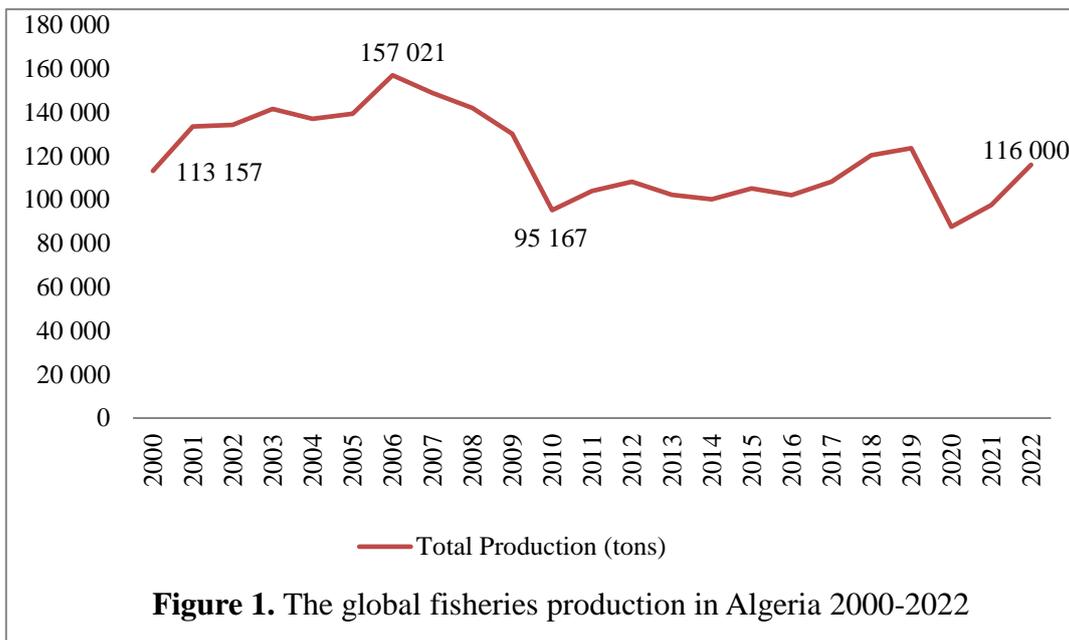
⁵ Ex-Ministry of Agriculture, Rural Development and Fisheries and Ministry of Fisheries and Fisheries Production

resource management, and ecosystem conservation can empower fishers, aquaculture farmers, and relevant stakeholders to navigate the complexities of climate change. Additionally, integrating climate resilience into policy frameworks and regulatory mechanisms can provide a structured approach to address climate change impacts at both local and national levels.

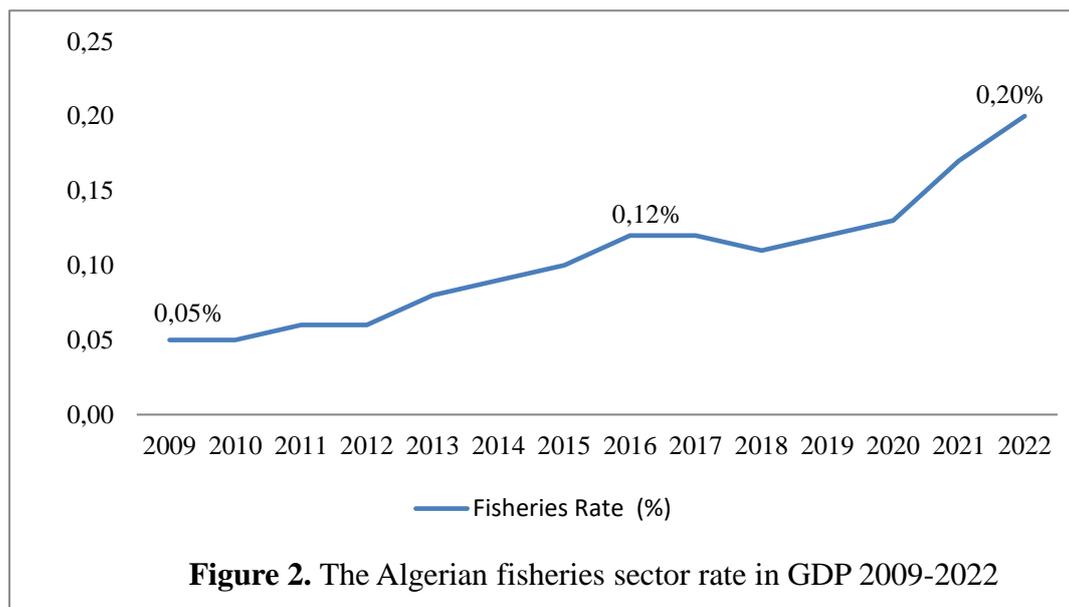
While climate change presents formidable

challenges to Algeria's fisheries and aquaculture sector, proactive adaptation measures, collaborative partnerships, and investments in sustainable practices can pave the way for a resilient and thriving marine industry in the face of environmental changes.

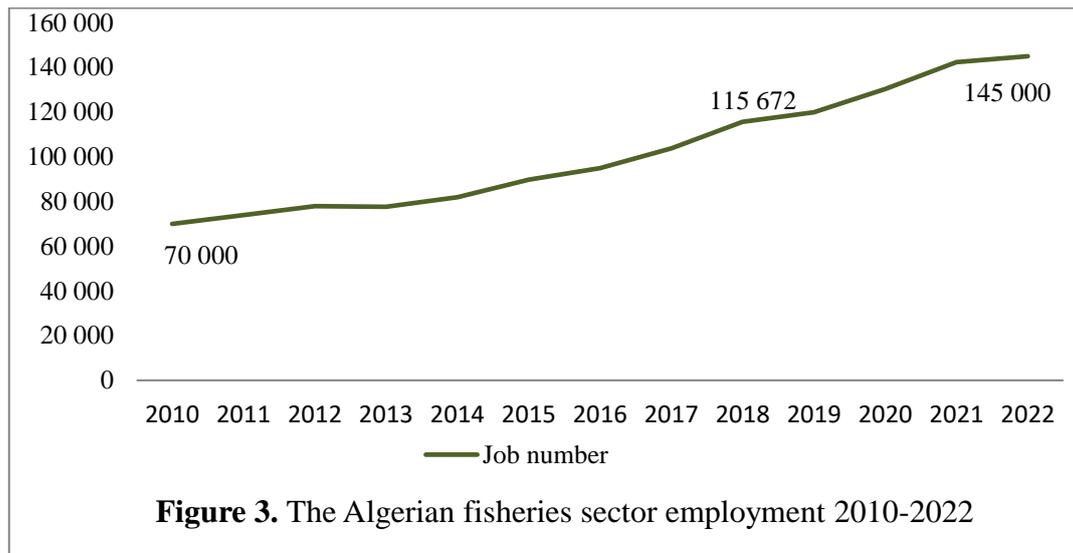
The graphs below depict the trends of fisheries and aquaculture indicators over the past decades (Figure1, Figure2, and Figure3):



Data source: Ministry of Fishing and Fisheries Productions



Data source: Calculated using data of Ministry of Fishing and Fisheries Productions

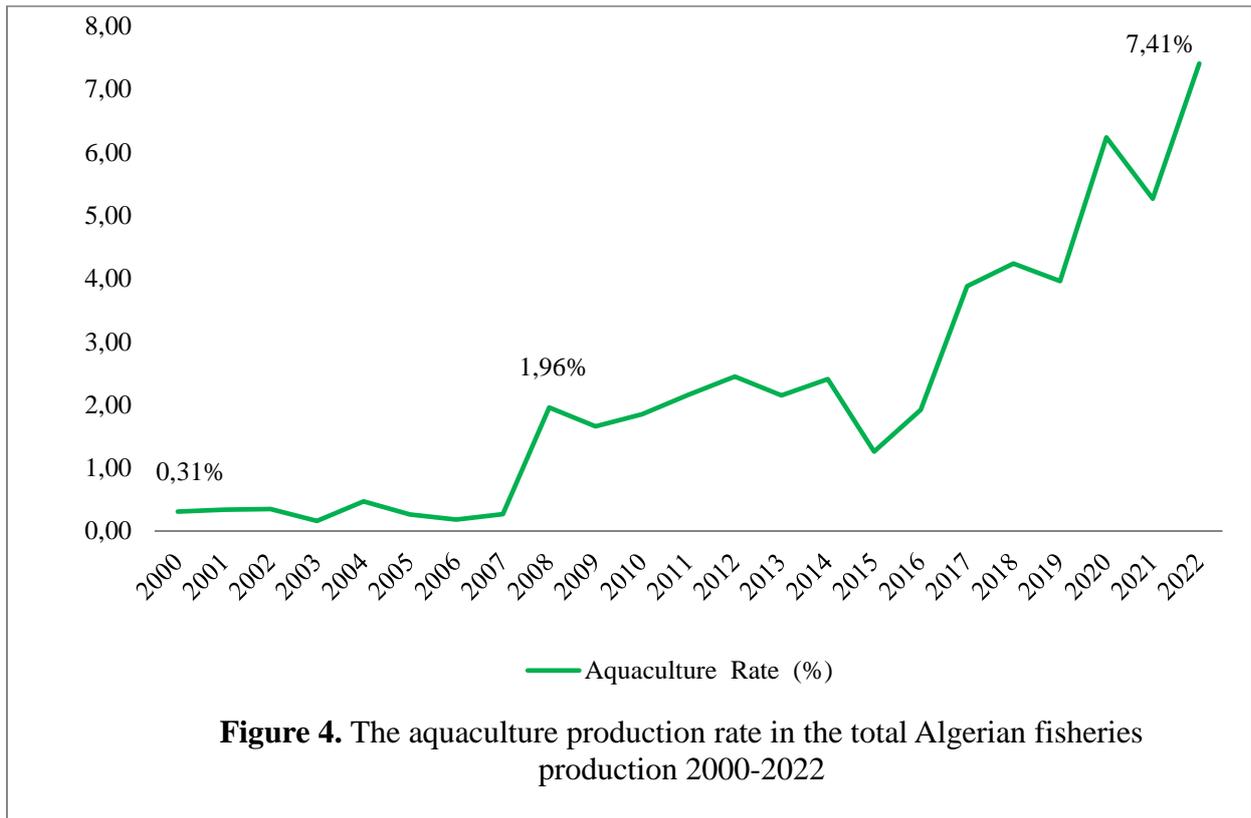


Data source: National statistics office and Ministry of Fishing and Fisheries Productions

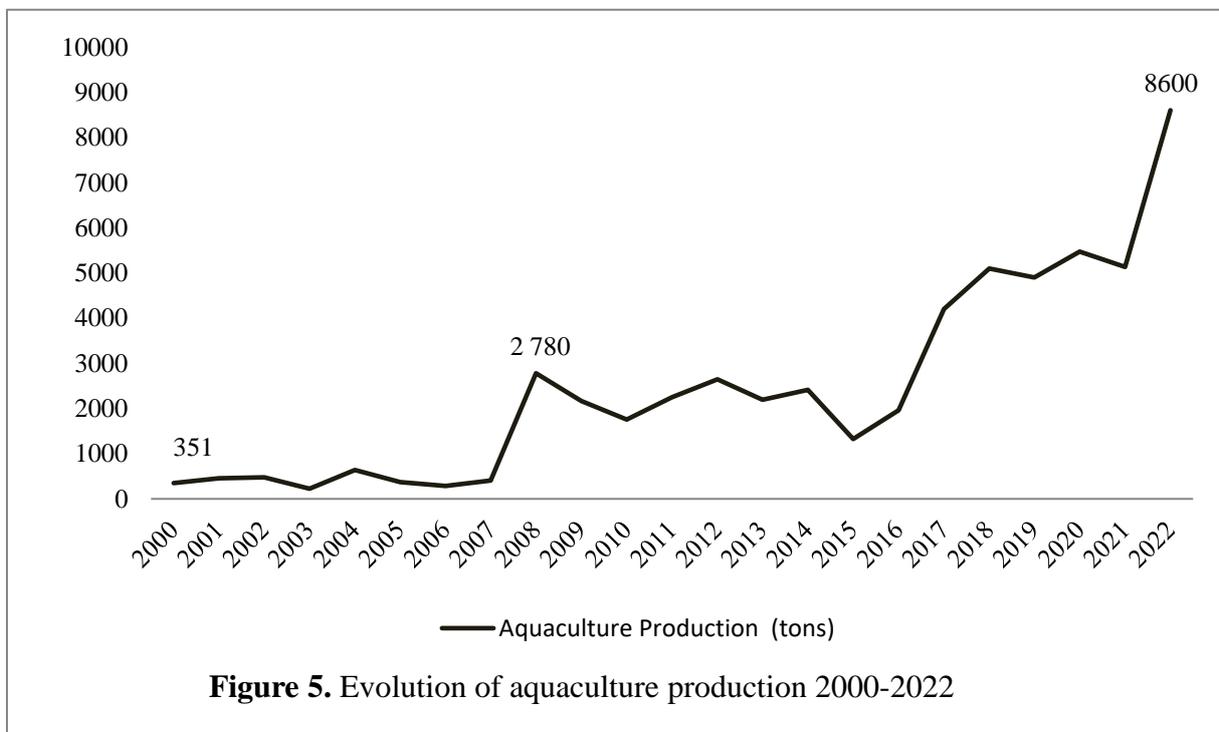
Upon examining the overall production of the fishing and aquaculture sector, with a particular focus on segments connected to the sea, it becomes evident that sustainable and substantial growth has not been achieved in the previous period. However, this does not accurately depict the sector's developmental prospects and its potential for making effective contributions to the national economy. Several factors contribute to this observation:

- The fishing economy extends beyond the mere exploitation of fishery resources essential for food security. It encompasses the entire value chain, including industrial and service sectors such as shipbuilding, construction, and related activities. This broader perspective reveals a consistent and accelerated growth trajectory in terms of employment and contributions to the gross domestic product (GDP), with a notable fourfold increase over the past decade.
- The advancement of the fishing sector predominantly hinges on aquaculture. Presently, aquaculture constitutes only 7% of total production. However, the sectoral program sets ambitious targets aiming to elevate this figure to 33% by 2035 and 50% by 2050.
- Despite a recent decline in processing activities attributed to dwindling fishery resources, there exists potential for the revival of these industries. Increased production or alternative sources, potentially from international waters, could reignite processing activities and stimulate growth in this segment.

Overall, while past performance may not fully reflect the sector's potential, strategic initiatives and targets indicate a promising trajectory towards enhanced sustainability and economic contribution in the future.



Data source: Ministry of Fishing and Fisheries Productions



Data source: Ministry of Fishing and Fisheries Productions

It's evident that aquaculture has undergone substantial growth and expansion in recent years. The proportion of aquaculture production in the total output surged from under 2% in 2010 to nearly 8% in 2022, marking a staggering 400% increase in just two years. Production experienced a similar growth rate during this period. Notably, aquaculture stands out as the sole economic activity boasting a double-digit growth rate, occasionally surpassing 50% per year (Figure 4, Figure 5).

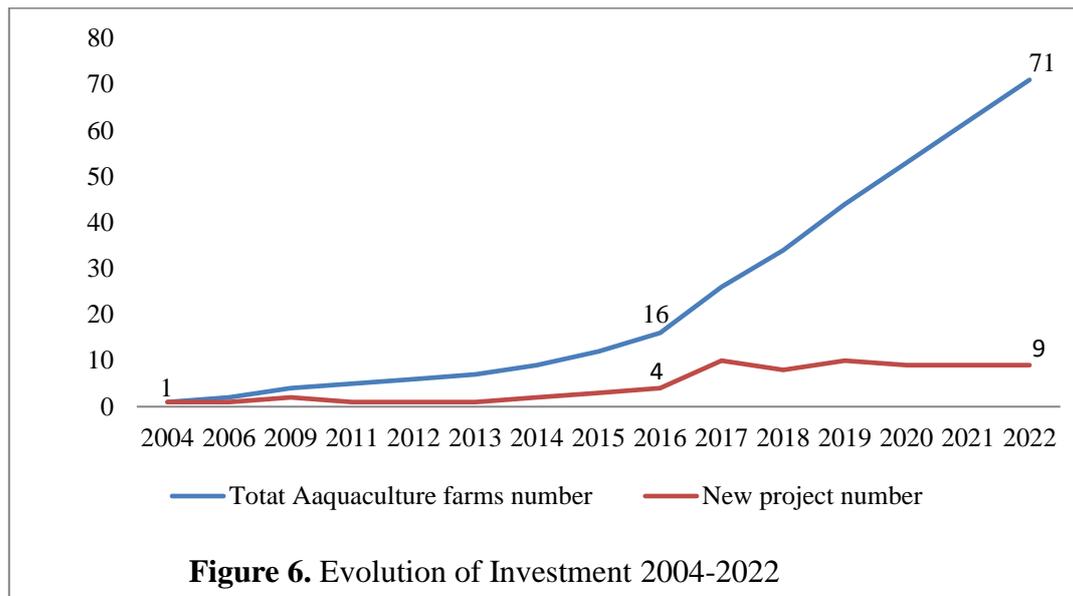
This remarkable growth is mirrored by substantial investments in the sector, amounting to approximately 10 billion DA. The table below illustrates the evolution of marine aquaculture project implementation (Figure 6, Table 1).

Table 1. Evolution of marine aquaculture projects implementation (2004 – 2021)

Activity sectors	2004	2006	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Shellfish farming	1	1					1	1	2	9	2	3	2	2	2
Fish farming in ponds			1	1	1										
Fish farming in floating cages			1			1	1	2	2	1	6	7	7	7	7
Total New project	1	1	2	1	1	1	2	3	4	10	8	10	9	9	9
Total Marine aquaculture exploitation	1	2	4	5	6	7	9	12	16	26	34	44	53	62	71

Data source: Ministry of Fishing and Fisheries Productions

The demand for investment in the fisheries sector is on a continuous rise, underscoring the importance of fostering aquaculture development. Yet, this marine activity serves as an integrated sub-sector, acting as a catalyst for other economic domains such as industry, the digital economy, and the knowledge economy.



Data source: Ministry of Fishing and Fisheries Productions

Within the Algerian maritime economy, the fishing sector holds significant prominence, particularly in ship repair. As of 2020, the sector boasted 5,892 fishing vessels, with a consistent demand for repair and maintenance services. Presently, these operations primarily occur in ports of vessel activity or in ports equipped with suitable facilities. However, it's crucial to note that coastal resources are not evenly distributed. Some ship owners' resort to engaging informal craftsmen in fishing ports for maintenance and repair tasks (Ministère de la pêche et des productions halieutiques, 2020).

An examination of present capacities reveals notable shortcomings in repair and maintenance facilities for fishing vessels, both within traditional ports and in newly constructed ones. These deficiencies primarily manifest at operational levels, such as inadequate lifting equipment, organizational levels, response times, and the quality of services provided.

Out of the 40 ports currently in operation, only 29 are outfitted with maintenance

facilities, with 18 of them situated outside port premises. These installations are staffed by a modest workforce, comprising 53 mechanics, 41 turners, 59 electricians, and 7 electronics engineers, operating at a national scale to ensure the maintenance and upkeep of the fleet.

Algeria boasts 44 shipyards, with some specializing in the repair of fishing vessels. These shipyards play a vital role in fostering the growth of the shipbuilding and repair industry. However, they encounter various challenges that impede their optimal development. A collaborative diagnostic effort, conducted in partnership with existing shipyard companies, revealed several issues identified by sector operators (Ministère de la pêche et des productions halieutiques, 2020).:

- **Raw material shortage:** Shipyards grapple with obtaining essential materials like resin, stainless steel, and hydraulic products crucial for repair and construction work.
- **Financing hurdles:** Companies in the sector encounter challenges accessing

project financing provided by the Bank of Agriculture and Rural Development (BADR).

- **Complex customs procedures:** Cumbersome customs procedures for importing fishing equipment result in lengthy and restrictive processes, causing delays in project completion.
- **Navigation equipment acquisition constraints:** Procuring critical equipment such as radios, sonars, and GPS navigation systems faces various constraints, posing challenges to the sector.
- **Lack of skilled labor:** The sector suffers from a shortage of qualified technicians, limiting its capacity to undertake projects effectively.
- **Cumbersome approval process for construction plans:** Lengthy procedures for obtaining construction plan approvals contribute to project start delays.
- **Distance of shipyards from ports:** Shipyard locations often lie far from ports, leading to logistical and transportation challenges.
- **Land acquisition difficulties near ports:** Obtaining land in proximity to ports proves challenging, hindering shipyard expansion opportunities.
- **Legal vacuum in shipbuilding and repair unit establishment:** A lack of clear and precise legal frameworks for creating and operating shipbuilding and repair units creates uncertainty in the sector.

The 2020-2024 government program, endorsed by the Council of Ministers, underscores two pivotal strategic directions

for the naval sector. Primarily, the objective is to bolster naval maintenance and repair capabilities across the entire maritime coastline. This entails the establishment of dry docks, lifting equipment, and provisions for spare parts. Subsequently, another focus area pertains to fostering the naval industry dedicated to high seas fishing. These initiatives complement and structure the recent endeavors of the sector, aiming to fortify naval maintenance and repair capacities, as well as enhance the management of existing fishing ports.

Conversely, the fish product processing industry encounters several challenges and obstacles that impede its progress. Among these are:

- **Decline in fish catches:** Overexploitation of stocks, exacerbated by factors such as climate change and marine pollution, contributes to a dwindling supply of fish (FAO, 2022).
- **Underutilized inland fishing:** Despite potential resources, inland fishing remains underexploited, limiting its contribution to the industry.
- **Competitive pressures from international trade:** Algerian fish products face competitive pressures in global markets, affecting both prices and product quality.
- **Innovation deficit:** The lack of innovation hampers the diversification of processed products and their alignment with market demands.
- **Financing challenges and land access:** Difficulty in securing financing and accessing land impedes investment and modernization efforts within the industry.

Table 2.Distribution of seafood processing units in Algeria (2022)

Wilaya	Description	Number of jobs created	Production (Tons/year)
Alger	Processing and export unit	10	200
	Processing unit (canned tuna, and canned sardines)	4	612
	Processing unit (smoked salmon, other smoked fish)	3	1,89
	Canned tuna manufacturing and export unit	70	2600
	Manufacturing of canned tuna	75	5000
	Processing unit (smoked salmon, canned sardines, etc.)	5	20
Sétif	Tuna and sardine conservation unit	100	2900
Ain-Temouchent	Processing and packaging unit	35	1000
Oran	CANNERY	73	6000
	CANNERY	40	2190
	CANNERY	100	10950
	CANNERY	150	16790
	CANNERY	100	2555
Annaba	Seafood processing complex	210	2800
	Tuna Canning Factory	140	12000
Skikda	Processing industry (Manufacture of canned fish and shellfish)	200	16000
Bejaïa	Tuna processing unit	16	3000

Data source: National Center of research and development of fisheries and aquaculture

Table 3. Fishery product processing units in Algeria (in the launch phase)

N°	Wilaya	Annual production capacity (Tons)
01	Jijel	7500
02	Jijel	30000
03	Rélizane	1200
04	Rélizane	2200
05	Tizi-Ouzou	1000
06	Sidi Belabbes	110

Based on a survey conducted within the structures of the Fisheries Ministry in 2022 (Table 2, Table3), concerning the status of fish and aquaculture product processing

industries in Algeria, these sectors are relatively scarce, comprising only 17 units dispersed across 7 wilayas. Additionally, six more projects focused on processing

seafood products are currently in the launching phase. The fishery product processing industry in Algeria is undergoing remarkable growth, exemplified by the fact that eight out of the seventeen active units commenced operations between 2021 and 2022. With a combined production capacity estimated at 84,619 tons per year, this sector plays a pivotal role in the economy, generating 1,331 direct jobs and over 5,000 indirect jobs. Consequently, it presents significant potential for further growth stimulation.

Furthermore, by the end of 2023, the production capacity of this sector is projected to reach 16,629 tons, representing a growth of over 50%. This promising expansion not only provides opportunities for the industry but also unveils new prospects for stakeholders engaged in fishery product processing in Algeria.

3.2 Growth prospects in the context of the maritime economy:

Algeria is wholeheartedly committed to fostering the development of the blue economy on both the Mediterranean and national fronts. Additionally, it recognizes the importance of integrating into the African strategy to leverage regional synergies and contribute to stimulating economic growth and sustainable development across the continent. This dedication reflects Algeria's proactive stance in harnessing marine resources to drive socio-economic progress and environmental sustainability, both regionally and continentally (Union Africaine, 2019).

After conducting an assessment of job creation potential and the outlook for technological advancement and innovation,

the European Union has pinpointed five value chains that hold the potential to foster sustainable growth and job creation within the blue economy (Union Européenne: Direction générale des affaires maritimes et de la pêche, 2012)., Priority is first bestowed upon sustainable fishing and aquaculture, which offer employment opportunities and foster growth through the sustainable expansion of production. This entails adopting innovative approaches such as multitrophic aquaculture production, along with enhancing traceability and product quality standards (WestMed, 2018). The undeniable importance of the sea and coastline in Algeria's development cannot be ignored. The fishing sector holds significant weight, boasting nearly 4,000 fishing vessels and yielding an average annual fish production of 100,000 tons. While aquaculture currently constitutes around 10% of total fisheries production, plans are underway to establish nearly 100 aquaculture farms by 2025. It's anticipated that total fisheries production will soar to between 150,000 and 200,000 tons by 2030 (Grimes, 2022).

The field of fishing and aquaculture presents significant opportunities for economic and social development. Interconnected with various sectors, it serves as a catalyst for stimulating growth across the board. Commercial fishing necessitates port infrastructure and fish processing facilities, thus driving the development of the shipbuilding industry and maritime logistics. Moreover, the rising demand for seafood products creates employment and income avenues within coastal communities, thereby fostering local economic prosperity.

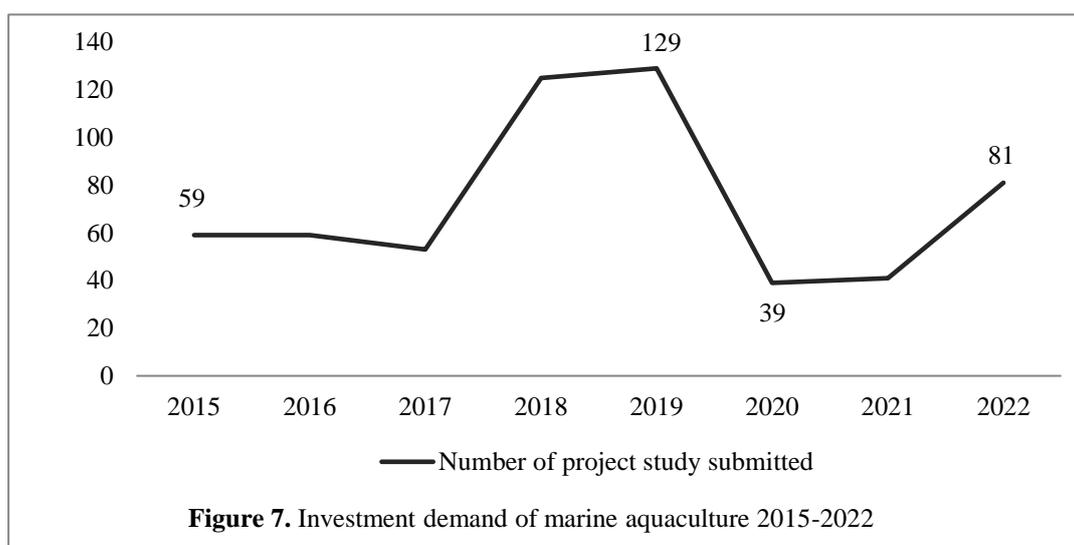
Furthermore, fishing and aquaculture are intrinsically linked to the preservation of

natural resources and biodiversity. Ensuring the sustainability of these activities is paramount for safeguarding marine ecosystems, maintaining healthy fish stocks, and preserving biological diversity. International organizations are increasingly focusing on sustainable fisheries management, implementing regulations and conservation initiatives to uphold the longevity of marine resources. Consequently, protecting natural resources and biodiversity emerges as a top priority both nationally and globally (Conférence des Nations Unies sur les océans, 2022).

The fisheries sector plays an important role in the national economy of developing countries, with its contribution to GDP reaching 5-10% in countries such as Vietnam and Mauritania. (Banque Mondiale, 2003), If we compare with an oil-rich country like Norway, where fishing and aquaculture contribute to 5% of GDP, it's essential to note that the Norwegian GDP is three times larger than the Algerian GDP. Despite the disparity in economic size, the relative contribution of the fishing and aquaculture sector to GDP in both countries

highlights the significance of this industry in their respective economies. While Norway's fishing sector may appear smaller in percentage terms, its absolute value is substantial due to the country's larger economic base. This underscores the importance of diversifying the economy and tapping into sectors like fishing and aquaculture to promote sustainable growth and reduce dependence on oil revenues.

The sector is gearing up to launch a comprehensive aquaculture development program slated for Horizon 2035, aiming to achieve a production capacity of 100,000 tons. This ambitious initiative signifies a significant leap forward, equivalent to a 10-day continuous drive. Investments by the CNRDPA (National Center for Research and Development of Fisheries and Aquaculture) will play a pivotal role in validating this resource and capitalizing on opportunities within the aquaculture sector. Below is a dynamic illustration graph depicting the projected growth trajectory of the aquaculture sector that collapse in 2020 because the covid-19 crisis before return again to his normal dynamic:



Data source: National Center of research and development of fisheries and aquaculture

The graph vividly depicts the evolution of investment demand since 2015. However, during the 2020-2021 period, this demand experienced a sharp decline due to the global health crisis caused by Covid-19, which adversely affected numerous economic sectors. Nonetheless, from 2022 onwards, we observe a gradual resurgence of this trend, showcasing the resilience and robustness of the sector.

Furthermore, aquaculture emerges as a promising development opportunity in Algeria. Drawing on previous experiences in this sector at a global and regional level, several key opportunities for the development of this investment niche can be identified:

Growing demand for aquaculture products:

The global demand for aquaculture products is steadily increasing, driven by rising populations, shifting dietary preferences, and the pursuit of healthy protein sources. In this context, Algeria has the potential to capitalize on this trend by developing its own aquaculture production to cater to domestic market needs and potentially explore export opportunities to other countries with high consumption potential (FAO, 2023).

Global apparent ⁶ consumption of fish products continues to exhibit steady growth, surpassing 20 kg per capita in 2020. This upward trend is propelled by shifting dietary preferences, with an increasing inclination towards healthier and more balanced meal choices. Social advancements play a significant role in shaping consumer decisions, particularly in developed economies (FAO, 2022).

Amidst the rise of overweight issues and obesity-related diseases, the prevailing consumer trend is gravitating towards healthy eating habits. This shift underscores a mounting demand for nutritious and wholesome foods, including those derived from aquatic sources (FAO, 2022). In Algeria, however, consumption remains relatively low, averaging between 3 and 4 kg per inhabitant per year, necessitating a tripling of production to reach an acceptable level. Moreover, there's an observed trend where the demand for seafood products is increasing at a faster pace than population growth. This trend indicates the sector's sustained prosperity and expansion, offering substantial investment opportunities to meet the escalating global demand.

Globally, the share of aquaculture in seafood production continues to rise. According to the FAO, in 2018, aquaculture accounted for 46% of the world's total fish and shellfish production, while traditional fishing contributed 54%. By 2020, the aquaculture's share had increased to 49% of global fish and shellfish production, surpassing 55% when algae production is included.

In Algeria, however, the share of aquaculture remains modest, currently representing less than 10% of total fishery product production. Despite this, the country possesses a significant production capacity, presenting a promising growth engine for the sector. By directing appropriate investments and implementing enabling policies, Algeria could capitalize on the opportunities presented by aquaculture, thereby fostering economic

⁶ Apparent consumption = Production + Imports-exports

growth and meeting the escalating demand for fishery products.

Aquaculture is projected to witness global growth of 21.7% between 2020 and 2030, with Africa anticipated to experience slightly higher growth at around 22%. Moreover, countries such as South Africa, experiencing rapid development in aquaculture, are poised for even greater growth, potentially reaching up to 90%. Algeria, classified as an emerging player in the aquaculture sector, recorded remarkable growth of 67% in 2022, underscoring the country's concerted efforts to develop and promote this activity. Algeria's emergence in the aquaculture sector presents significant growth and investment prospects.

Furthermore, besides catering to domestic demand, there's a tangible opportunity for export and international market expansion. Global trade in fishery products is burgeoning, with 225 states and territories engaging in trade in this sector in 2020. Global exports of aquatic products (excluding seaweed) amounted to 59.8 million tons in live weight, representing a value of 151 billion US dollars. Consequently, the trade value of aquatic food products constituted approximately 11% of total agricultural trade (excluding forest products) and approximately 1% of total merchandise trade (FAO, 2022).

These figures underscore the robust growth potential for fishery product exports, presenting favorable opportunities for stakeholders in the aquaculture industry seeking to penetrate international markets

and expand their market reach, for several reasons:

Potential of the Algerian coastline:

Algeria's extensive 2148 km coastline along the Mediterranean Sea offers substantial potential for coastal aquaculture. Favorable environmental conditions, including water temperature, salinity levels, and diverse marine ecosystems, create an ideal setting for cultivating various aquaculture species. According to the development plans outlined by the Ministry of Fisheries, the Algerian coast holds promising prospects for marine aquaculture, with an estimated potential of around 80,000 tons per year across all aquaculture sectors. In support of this endeavor, 18 marine activity zones were established in 2021, with 15 areas identified as having high aquaculture potential. As of March 2022, the fishing sector has issued a cumulative total of 267 prior authorizations for the establishment of aquaculture enterprises, with approximately 70 projects already operational⁷.

Knowledge and Technology Transfer:

Algeria possesses a valuable opportunity to leverage the experience, expertise, and knowledge gained through various international partnerships. The Algerian aquaculture sector has benefited from training and capacity-building programs, notably from countries such as Egypt, South Korea, the European Union, and China. By harnessing this expertise and know-how, Algeria can enhance and advance its aquaculture sector, incorporating best practices and lessons learned from these partner nations.

⁷ Fisheries Ministry

Creation of Jobs and Added Value:

Aquaculture presents an opportunity to generate employment at the local level, particularly in coastal regions, across the entire value chain—from production to processing and marketing of aquaculture products. Globally, employment in aquaculture has witnessed significant growth over the years, as evidenced by data in Table No. 14 on employment in fishing and aquaculture by region between 1995 and 2020. An analysis of the figures reveals a substantial increase in aquaculture employment over the years. In Africa, for instance, the number of jobs in this sector surged from 69,000 in 1995 to 634,000 in 2020, indicating remarkable growth. Similar trends are observed in other regions such as the Americas, Asia, Europe, and Oceania, where employment in aquaculture has also experienced an uptick. These figures underscore the escalating importance of aquaculture as a source of employment, offering job opportunities to local communities. Aquaculture plays a pivotal role in creating sustainable jobs and contributing to economic development, especially in regions where traditional fishing may be constrained.

Public Policies: Algeria's public policies are firmly geared towards promoting the sustainable development of aquaculture, with a specific focus on food security and achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). The primary objective is to foster sustainable aquaculture that enhances food security by establishing local protein sources and reducing reliance on imported seafood to bolster the country's food sovereignty. To achieve these objectives, the United Nations Development Program (UNDP) has funded the development of a national fisheries and aquaculture strategy

in collaboration with the Ministry of Agriculture, Rural Development, and Fisheries (FAO, 2019). This strategy delineates the orientations, objectives, and priority actions for the sector until 2030, with a particular emphasis on the development of aquaculture. It acknowledges the significant potential of this sector to augment national production of fishery products, diversify income sources for rural and coastal populations, and harness continental and marine water resources. Algerian public policies actively support aquaculture development through the implementation of various concrete measures. These include providing land and public maritime zones, granting tax and financial incentives, streamlining administrative procedures, enhancing the technical and managerial capacities of stakeholders, and promoting the consumption of aquaculture products.

Simultaneously, the Master Plan represents a collaborative initiative between Algeria and South Korea aimed at fostering the development of fishing and aquaculture in Algeria. Integrated into the Sector Policy Letter for the Development of Fisheries and Aquaculture for the period 2016-2023, this strategic plan seeks to bolster the institutional, technical, and human capacities of the sector. It also encompasses measures to enhance fishing and aquaculture resources, develop infrastructure and equipment, improve product quality and traceability, and foster innovation and research.

Consequently, the government has drawn inspiration from these programs to formulate a five-year program aligned with these priority objectives and measures. This program aims to promote the development

of aquaculture and fishing in harmony with the country's needs and aspirations

4. Conclusion:

The review of Algeria's fisheries and aquaculture sector since 2018 underscores significant economic progress, marked by notable growth in employment, production, and exports, all of which contribute substantially to GDP and local employment. Despite encountering challenges such as limited stocks in inshore fishing and barriers related to raw materials and financing, these sectors remain integral to Algeria's economic landscape. It is evident that Algeria has strategically prioritized sectoral development, as evidenced by initiatives like the National Strategy for the Blue Economy (SNEB), which positions the country for a resilient maritime future.

To ensure the continued success and sustainability of the fisheries and aquaculture sectors, several recommendations can be proposed. First and foremost, there is a pressing need to address the challenges related to limited stocks in inshore fishing. This could be achieved through comprehensive fisheries management plans that incorporate scientific research, data-driven decision-making, and effective enforcement of regulations to prevent overfishing and promote sustainable fishing practices.

Additionally, efforts should be directed towards overcoming obstacles in accessing raw materials and securing financing for fisheries and aquaculture activities. This may involve streamlining administrative procedures, providing financial incentives and support to industry players, and fostering partnerships with financial

institutions to facilitate access to funding for sustainable projects.

Furthermore, it is essential to continue investing in infrastructure development and technological innovation within the fisheries and aquaculture sectors. This includes upgrading fishing vessels and equipment, improving processing and storage facilities, and adopting advanced aquaculture technologies that enhance productivity while minimizing environmental impact.

Moreover, international partnerships and collaborations should be strengthened to leverage expertise, knowledge sharing, and best practices in sustainable fisheries and aquaculture management. This can be achieved through joint research initiatives, capacity-building programs, and participation in international forums and conferences to stay updated on global trends and innovations in the marine industry.

In conclusion, Algeria's fisheries and aquaculture sectors hold immense potential for continued growth and economic contribution, provided that concerted efforts are made to address existing challenges and capitalize on opportunities. By implementing strategic recommendations focused on sustainable practices, innovation, and collaboration, Algeria can foster a thriving and resilient marine industry that benefits both the economy and the environment.

Bibliographic references

ANNANE, R. (2024). La diversification de l'économie Algérienne par le développement de l'économie bleue. *Thèse de doctorat*. Algérie: Institut supérieur de gestion et de planification.

Banque Mondiale. (2003). La pêche dans le monde : affronter une crise planétaire. *ADR AGRICULTURE ET DÉVELOPPEMENT RURAL*, Washington, D.C. 20433 USA.

Comité Algérien interministériel. (2019). *Rapport National volontaire : progression de la mise en oeuvre des ODD en Algérie*. CNESE. Retrieved from

https://www.cnese.dz/web/content?model=cnese_backend.post_doc&field=document&download=true&id=296

Conférence des Nations Unies sur les océans. (2022). *L'économie bleue durable est essentielle pour les petits pays et les populations côtières*. Retrieved from <https://news.un.org/fr/story/2022/06/1122752>

FAO. (2019). *APPUI À LA FORMULATION DE LA STRATÉGIE NATIONALE DE DÉVELOPPEMENT DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE (AVEC UNE ATTENTION PARTICULIÈRE SUR LA PÊCHE ARTISANALE)*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/ca4889fr/CA4889FR.pdf>

FAO. (2022). *La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Vers une transformation bleue*. Rome: FAO. doi:<https://doi.org/10.4060/cc0461fr>

FAO. (2023). *ANALYSE DES MARCHÉS DES PRODUITS DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE CONTINENTALES DANS LES PAYS DU MAGHREB*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/cc6086fr/cc6086fr.pdf>

Grimes, S. (2022). *L'ÉCONOMIE BLEUE, UN DÉFI POUR LES PAYS DU SUD DE LA MÉDITERRANÉE : LE CAS DE L'ALGÉRIE*. IMED.

Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables. (2023). *Premier rapport biennal actualisé de l'Algérie*. National. Retrieved from [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-01/BUR1%20Alg%C3%A9rie%20r%C3%A9vis%C3%A9%20VF%2022102023.pdf)

[01/BUR1%20Alg%C3%A9rie%20r%C3%A9vis%C3%A9%20VF%2022102023.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-01/BUR1%20Alg%C3%A9rie%20r%C3%A9vis%C3%A9%20VF%2022102023.pdf)

Ministère de la pêche et des productions halieutiques. (2020). *Point de situation relatif au développement de la construction navale*.

Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques. (2021). *Stratégie Nationale pour l'Economie Bleue en Algérie - Horizon 2030*. Retrieved from https://economiebleue.dz/wp-content/uploads/2022/09/2.-Strategie-Nationale-pour-l-Economie-Bleue-SNEB-2030-Resume_compressed.pdf

ONS. (2022). *Les statistiques de la pêche: Rétrospective 2010-2019*.

SGG Algérie. (2022, Juillet). Loi n° 22-18 relative à l'investissement. *JO N° 50*. Algérie. Retrieved from <https://www.onca.dz/articles/files/file-BzY4HzP8ACvvENMhjHpw.pdf>

Union Africaine . (2019). *Stratégie de l'économie bleue de l'Afrique*.

Union Européenne. (2018). *Etude Economie bleue : Algérie*. Dans cadre du projet financé par l'Union Européen .

Union Européenne: Direction générale des affaires maritimes et de la pêche. (2012). *La croissance bleue: des possibilités de croissance durable dans les secteurs marin et maritime*.

Vierros Marjo, D. F. (2017). *THE POTENTIAL OF THE BLUE ECONOMY*. World Bank. United Nations. Retrieved from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/523151496389684076/pdf/115545-1-6-2017-14-48-41-BlueEconomyJun.pdf>

WestMed. (2018). Stakeholder Confrence of Blue economy initiative. Alger. Retrieved from <http://www.westmed-initiative.eu/>



المركز الوطني للبحث و التنمية
في الصيد البحري و تربية المائيات

CNRDPA

11 boulevard Colonel Amirouche, Bouismail, w. de Tipaza - Algérie

Téléphone 024 32 64 10

Fax 024 32 64 11

www.facebook.com/cnrdpa

www.cnrdpa.dz