

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

L'école Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de L'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur et de Master en
Science de la Mer**

Option : Aquaculture

Thème

**CAS D'ÉTUDE : ANALYSE INTÉGRÉE DES EFFETS DE
L'AQUACULTURE SUR LES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX**

Réalisé par :

BOUZERAA Mohamed Amine

SENOUCI Zoubida

Soutenu le 27/06/2026 devant le jury :

M.	REFES Wahid	Professeur	Président	ENSSMAL
M.	DILMI Ammar	Maître Assistant	Examineur	ENSSMAL
MM	CHABET DIS Chalabia	Maître de Recherche A	Promotrice	CNRDPA
MM	MESLEM Nabila	Maître de Conférence B	Co-promotrice	ENSSMAL

Année universitaire 2025/2026

DÉDICACE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*À la mémoire de ma très chère Maman **Kelthoum** je ne saurais exprimer mon grand chagrin en ton absence. J'aurais aimé que tu sois à mes côtés ce jour-là,*

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence la source de tendresse et l'exemple de dévouement

Puisse Dieu vous avoir en sa sainte miséricorde et que ce travail soit une prière pour votre âme,

*À mon cher papa **Madjid**, ce travail est le résultat de l'esprit de sacrifice dont vous avez fait preuve, de l'encouragement et le soutien que vous ne cessez de manifester, j'espère que vous y trouverez les fruits de votre semence et le témoignage de ma grande fierté de vous avoir comme père.*

J'implore dieu le tout puissant de vous accorder bonne santé et longue vie,

*Vous êtes et vous resterez pour moi ma référence, la lumière qui illumine mon chemin,
Au plus beau des cadeaux que m'offre la vie, mes chères sœurs **Amani & Ferdous** et mon frère **Amdjed**,*

*À mon cher neveu **Zaine***

*À ma grand-mère **Zineb** Allah yerhamha,*

À mes chers grands parents,

*À mes chers amis **Seifeddine, Djalil, Amine, Aymen**,*

*À mon binôme, **Zoubida**,*

À mes chers amis (es) de la promotion GA 2024/2026,

Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Bouzeraâ Mohamed Amine

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Avec une immense gratitude et une profonde émotion, je dédie ce modeste travail :

À moi-même,

Pour ma patience, ma persévérance et ma détermination durant toutes ces années d'études. À toutes les fois où j'ai douté, mais où j'ai continué malgré les difficultés. Ce mémoire est le fruit de mes efforts et de ma volonté de réussir.

À mon père Djillali,

Merci pour ta droiture et la sagesse que tu m'as transmise. Tu m'as appris que la vraie valeur se construit par le travail, la persévérance et la capacité de se relever après chaque difficulté.

À ma chère mère Ouzidane karima,

Merci pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie et ton soutien constant. Tu as été ma lumière dans l'ombre, ma force dans les épreuves, et chaque réussite que j'ai connue porte ton empreinte.

À ma sœur Aïcha,

Dans les moments de doute comme dans les moments de joie, tu as su trouver les mots justes pour m'encourager et me redonner confiance, merci d'avoir été une présence rassurante tout au long de mon parcours.

À mes frères Sidali, Tarek, Abd nour & okba,

Merci pour votre présence constante, votre soutien sincère et vos sourires qui ont su alléger mes moments de fatigue. Votre affection, vos encouragements et les moments partagés ont été une source de force tout au long de mon parcours.

À mes chères amis,

Souha, Manar, Ibtissem, Souad, Ghouzlen, Mami, Souha & Rayen.

Pour leur soutien, leur sincérité et les beaux moments partagés.

À toute la promotion G.A 2026

& particulièrement Lamis, Linda et mon Binôme Mohamed Amine.

Je suis fière de vous avoir à mes côtés, et je vous remercie d'avoir toujours cru en moi.

Vous avez **tous** été une partie de ma force, de mon courage et de ma réussite. Je vous remercie du fond du cœur pour votre présence, votre soutien et votre confiance tout au long de ce parcours.

SENOUCI Zoubida

REMERCIEMENT

Remerciement

Nous adressons nos plus vifs remerciements à **MM. CHABAT DIS Chalabia**, notre encadrante, et à **MM. MESLEM Nabila**, co-encadrante, pour leur accompagnement attentionné, leur disponibilité sans faille et leurs orientations éclairées tout au long de l'élaboration de ce travail. Leur exigence scientifique et leur soutien indéfectible ont constitué un appui fondamental dans la concrétisation de ce mémoire.

Nous exprimons notre sincère reconnaissance aux membres du jury **Pr. REFES Wahid** et **Dr. DILMI AMMAR** qui ont bien voulu consacrer de leur temps à l'évaluation de ce travail, et dont les remarques et observations constructives contribueront sans nul doute à son enrichissement.

Nous tenons également à saluer et remercier ceux qui nous ont aidée dans le cadre de l'étude au CNRDPA notamment **MM. CHABAT DIS Chalabia**, **MM. MAHIEDDINE Fatima Zohra**, **MM. MELZI Hamida**, **MM. DAOUDI Lamia** et **M. HAZEM Salah**.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à **la SARL El Mokretar Aqua**, et plus particulièrement à son **Directeur M. Mourad**, pour nous avoir gracieusement ouvert les portes de leur entreprise et permis de réaliser ce projet. Nos remerciements s'adressent également à **l'ingénieur M. Abderahim**, ainsi qu'à l'ensemble des plongeurs, pour leur aide précieuse, leur disponibilité et leur soutien constant tout au long de cette étude.

Nos sincères remerciements vont également au **Directeur du CNRDPA, le Professeur Bouflih Nabil**, et au **Directeur de la Division Aquaculture du CNRDPA, le Docteur Boudjenah Mustapha**, pour leur disponibilité et leur précieux soutien.

Nous exprimons aussi notre gratitude à notre établissement de formation, l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (**ENSSMAL**), pour la richesse de l'enseignement reçu, les infrastructures et moyens mis à notre disposition, ainsi que le cadre académique stimulant qui a favorisé notre épanouissement scientifique.

RESUME

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثيرات النشاط الاستزراعي البحري على بعض المعايير البيئية في منطقة بني حواء، على مستوى الساحل التابع لولاية الشلف. تم إجراء عمليات أخذ العينات خلال شهري مارس وأفريل 2026 على مستوى ثلاث محطات تمثيلية، تقع على التوالي غرب ووسط وشرق الأقفاص العائمة. شملت التحاليل عدة معايير فيزيائية وكيميائية للمياه، لا سيما درجة الحرارة، ودرجة الحموضة والملوحة، والناقلية الكهربائية، بالإضافة إلى تراكيز الأملاح المغذية، والكلوروفيل أ، والعوالق النباتية.

أظهرت النتائج المتحصل عليها وجود تباينات مكانية وزمنية بين المحطات وفترات أخذ العينات. حيث ارتفع متوسط درجة الحموضة بشكل طفيف من 8.3 في مارس إلى 8.4 في أفريل، في حين ارتفعت درجة الحرارة المتوسطة من 12.3 درجة مئوية إلى 16.23 درجة مئوية. كما سجلت تراكيز الكلوروفيل أ زيادة حيث انتقلت من 0.004 ميكروغرام/لتر في مارس إلى 0.5 ميكروغرام/لتر في أفريل. وأظهرت نتائج العوالق النباتية زيادة في الكثافة الإجمالية، من 368 خلية/لتر في مارس إلى 574 خلية/لتر في أفريل، مع سيادة الدياتومات.

وتشير تراكيز الأملاح المغذية والكلوروفيل أ (*Sparus aurata*) والدنيس الملكي (*Dicentrarchus labrax*) بشكل عام، بقيت القيم المقاسة ضمن مستويات ملائمة لتربية القاروص الأوروبي وتركيب العوالق النباتية إلى تأثير محدود للنشاط الاستزراعي على جودة المياه خلال فترة الدراسة.

تؤكد هذه النتائج على أهمية المتابعة البيئية المنتظمة للمزارع المائية من أجل ضمان تنمية مستدامة للاستزراع المائي مع الحفاظ على التوازن البيئي للوسط البحري.

الكلمات المفتاحية: الاستزراع المائي البحري، البيئة البحرية، جودة المياه، الكلوروفيل أ، الأملاح المغذية، العوالق النباتية.

Abstract

This study aims to evaluate the effects of marine aquaculture activity on certain environmental parameters in the Beni Haoua region, along the coastline of Chlef Province. Sampling was carried out during March and April 2026 at three representative stations located respectively to the west, center, and east of the floating cages. The analyses focused on several physicochemical parameters of water, including temperature, pH, salinity, and electrical conductivity, as well as nutrient concentrations, chlorophyll a, and phytoplankton.

The obtained results revealed spatial and temporal variations between stations and sampling periods. The average pH slightly increased from 8.3 in March to 8.4 in April, while the average temperature rose from 12.3°C to 16.23°C. Chlorophyll a concentrations also increased, from 0.004 µg/L in March to 0.5 µg/L in April. Phytoplankton results showed an increase in total density, from 368 cells/L in March to 574 cells/L in April, with a dominance of diatoms.

Overall, the measured values remained within levels compatible with the farming of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead seabream (*Sparus aurata*). Nutrient concentrations, chlorophyll a, and phytoplankton composition indicate a limited impact of aquaculture activity on water quality during the study period.

These results highlight the importance of regular environmental monitoring of aquaculture farms to ensure sustainable aquaculture development while preserving the ecological balance of the marine environment.

keywords : marine aquaculture, marine environment, water quality, chlorophyll a, nutrients, phytoplankton.

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer les effets de l'activité aquacole marine sur certains paramètres environnementaux dans la région de Beni Haoua, au niveau du littoral de la wilaya de Chlef. Les prélèvements ont été réalisés durant les mois de mars et d'avril 2026 au niveau de trois stations représentatives, situées respectivement à l'ouest, au centre et à l'est des cages flottantes. Les analyses ont porté sur plusieurs paramètres physicochimiques de l'eau, notamment la température, le pH, la salinité et la conductivité électrique, ainsi que sur les concentrations en sels nutritifs, la chlorophylle a et le phytoplancton.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des variations spatiales et temporelles entre les stations et les périodes d'échantillonnage. Le pH moyen a légèrement augmenté de 8,3 en mars à 8,4 en avril, tandis que la température moyenne est passée de 12,3 °C à 16,23 °C. Les concentrations en chlorophylle a ont également augmenté, passant de 0,004 µg/L en mars à 0,5 µg/L en avril. L'étude du phytoplancton a montré une augmentation de la densité totale, de 368 cellules/L en mars à 574 cellules/L en avril, avec une dominance des diatomées.

Dans l'ensemble, les valeurs mesurées sont restées dans des niveaux compatibles avec l'élevage du bar européen, (*Dicentrarchus labrax*), et de la daurade royale, (*Sparus aurata*). Les concentrations en sels nutritifs, la chlorophylle a et la composition phytoplanctonique traduisent un impact limité de l'activité aquacole sur la qualité des eaux durant la période étudiée.

Ces résultats soulignent l'importance d'un suivi environnemental régulier des fermes aquacoles afin de garantir un développement durable de l'aquaculture tout en préservant l'équilibre écologique du milieu marin.

Mots-clés : aquaculture marine, environnement marin, qualité des eaux, chlorophylle a, sels nutritifs, phytoplancton.

LISTES DES FIGURES

Liste des figures

Figure 1.	Types de systèmes de pisciculture et leur impact environnemental	02
Figure 2.	Localisation des principales exploitations aquacoles marines en Algérie	05
Figure 3.	Localisation des exploitations aquacoles marines au niveau de la wilaya de Chlef	06
Figure 4.	Daurade royale	08
Figure 5.	Bassins en terre pour l'élevage de la daurade royale	10
Figure 6.	Cages flottantes pour l'élevage de la daurade royale	10
Figure 7.	Bar européen	12
Figure 8.	Production globale d'aquaculture de <i>Dicentrarchus labrax</i>	14
Figure 9.	Production globale d'aquaculture de <i>Sparus aurata</i>	14
Figure 10.	Localisation de la SARL El Mokretar Aqua	18
Figure 11.	Position des stations de prélèvements d'eau de mer au niveau de la ferme El Mokretar	21
Figure 12.	Échantillon du phytoplancton fixé avec du Lugol	21
Figure 13.	Échantillon pour analyse des sels nutritifs	22
Figure 14.	Échantillon pour analyse de la chlorophylle a	22
Figure 15.	Multiparamètre portable	23
Figure 16.	Filtration d'échantillon	24
Figure 17.	Centrifugation	24
Figure 18.	Lecture des absorbances	25
Figure 19.	Spectrophotomètre UV-Visible utilisé pour l'analyse des nutriments	26
Figure 20.	Développement de la coloration rose lors du dosage des nitrites (NO_2^-)	26
Figure 22.	Microscope inversé OPTIKA	27
Figure 23.	Chambre de sédimentation d'UTERMÖHL	27
Figure 24.	Variation du pH durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	29
Figure 25.	Variation de la conductivité durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	30
Figure 26.	Variation de la salinité durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	30
Figure 27.	Variation de la température durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	31
Figure 28.	Variation des nitrites durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	32
Figure 29.	Variation des nitrates durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	33
Figure 30.	Variation de l'ammonium durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	33
Figure 31.	Variation de la chlorophylle a durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026	34
Figure 32.	Variation de la biomasse phytoplanctonique Durant les mois de mars et avril 2026	35

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Tableau.1	Comparaison des principaux systèmes d'aquaculture marine selon le coût, la densité et l'impact environnemental	03
Tableau. 2	Évolution de la production aquacole (Tonnes) par wilaya	15
Tableau 3.	Coordonnées géographiques des stations de prélèvement	20
Tableau 3.	Composition du peuplement phytoplanctonique par groupe taxonomique	36

LISTE DES ABRÉVIATION

Liste des abréviations

APS	Algérie Presse Service
CNRDPA	Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture
DBO	Demande Biologique en Oxygène
FAO	Food and Agriculture Organization
H ₂ S	Sulfure d'Hydrogène
CH ₄	Méthane
INCT	Institut National des Cartographies et Télédétection
MEER	Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables
MPRH	Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques
PSU	Practical Salinity Unit (Unité Pratique de Salinité)
RAS	Recirculating Aquaculture System (Système d'Aquaculture en Recirculation)
USD	United States Dollar

SOMMAIRE

Sommaire

Introduction	01
Chapitre1 : Synthèse bibliographique	02
1. Aquaculture Marine	02
1.1. Définition et importance	02
1.2. Systèmes et techniques d'élevage	02
2. L'Aquaculture Marine en Algérie	03
2.1. Potentiel et développement national	03
2.2. Pisciculture marine au niveau de la wilaya de Chlef	05
3. Espèces Cibles	06
3.1. La Dorade royale (<i>Sparus aurata</i>)	06
3.1.1. Techniques d'élevage	08
3.2. Le Loup de Mer (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	11
3.2.1. Techniques d'élevage	12
4. Production	13
4.1. Production mondiale	13
4.2. Production Nationale	14
5. Impacts de l'Aquaculture Marine sur l'Environnement	16
5.1. Impacts positifs	16
5.2. Impacts négatifs	16
5.2.1. Impact sur l'espèce	16
5.2.2. Impact sur l'espace	17
5.2.3. Impact sur le biotope	17
Chapitre 2 : Matériel et méthodes	18
1. Présentation de site d'étude	18
2. Elevage du poisson	19
3. Echantillonnage	19
3.1. Phytoplancton	20
3.2. Sels nutritifs	21
3.3. Chlorophylle a	21
4. Mesure in situ	22
5. Analyse de la chlorophylle a	22
6. Dosage des sels nutritifs	24
6.1. Dosage des nitrites (NO ₂ -)	24

SOMMAIRE

6.1. Dosage des nitrates (NO_3^-)	25
6.3. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)	26
7. Etude de la population phytoplanctonique	26
 Chapitre 3 : Résultats et Discussion	 29
1. Paramètres physicochimiques	29
2. Sels nutritifs	32
3. Chlorophylle a	34
4. Densité et composition du phytoplancton	34
 Conclusion générale	 38
 Références bibliographiques	 39

INTRODUCTION

Introduction

L'aquaculture est aujourd'hui reconnue comme l'un des secteurs alimentaires connaissant la croissance la plus rapide au monde. Selon la FAO (2022), la production halieutique et aquacole mondiale a atteint un record absolu de 214 millions de tonnes en 2020, avec une valeur estimée à 406 milliards de dollars USD. Face à une population mondiale qui devrait dépasser 9 milliards d'habitants à l'horizon 2050, l'aquaculture est appelée à jouer un rôle stratégique dans la sécurité alimentaire mondiale, tout en contribuant au développement économique en générant des emplois pour plus de 58,5 millions de personnes (FAO, 2022 ; World Bank, 2013).

En Algérie, la production aquacole a enregistré une progression notable, grâce à un littoral de 2 148 km offrant des conditions favorables à l'élevage de plusieurs espèces marines (MEER/INCT, 2023). La wilaya de Chlef occupe une place de premier rang à l'échelle nationale, avec 78 cages flottantes et 7,8 millions d'alevins ensemencés, représentant 60 % du total national (APS, 2021). L'aquaculture marine a également bénéficié d'avancées technologiques importantes dans les techniques d'élevage et le suivi des conditions du milieu marin (Pillay et Kutty, 2005).

Cependant, cette expansion rapide n'est pas sans conséquences sur l'environnement marin. Les rejets issus des fermes aquacoles peuvent altérer la qualité du milieu en modifiant des paramètres essentiels tels que le pH, la salinité, l'oxygène dissous et les nutriments azotés et phosphorés (Bardach et al., 1972 ; Beveridge, 2004), pouvant engendrer des phénomènes d'eutrophisation et un déséquilibre de l'écosystème marin (FAO, 2020). Malgré l'intensification de l'activité aquacole à Beni Haoua, peu d'études environnementales intégrées ont été conduites pour évaluer son effet sur le milieu marin local.

Partant de l'hypothèse que les activités aquacoles exercent une pression mesurable sur les paramètres physicochimiques et biologiques du milieu marin, ce travail vise à évaluer l'influence des fermes aquacoles sur la qualité du milieu marin au niveau du littoral de la wilaya de Chlef, notamment dans la région de (Beni Haoua), à travers des mesures in situ et des analyses physicochimiques en laboratoire.

Afin de répondre à cette problématique et d'atteindre les objectifs fixés dans cette étude, le présent document a été structuré en trois parties principales. La première partie est consacrée à la synthèse bibliographique de l'aquaculture et les espèces cibles en pisciculture marine. La deuxième partie présente le matériel utilisé ainsi que les différentes méthodes mises en œuvre pour la réalisation de ce travail. Enfin, la troisième partie expose les résultats obtenus, suivis de leur analyse et de leur discussion à la lumière des données de la littérature scientifique.

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Aquaculture Marine

1.1. Définition et importance

L'aquaculture marine désigne l'ensemble des activités d'élevage contrôlé d'organismes aquatiques en milieu marin ou saumâtre, dans le but de produire des ressources alimentaires et économiques (Pillay et Kutty, 2005). Ce secteur représente aujourd'hui plus de 56 % de toutes les espèces aquatiques commercialisées pour la consommation humaine (FAO, 2022). La production halieutique et aquacole mondiale a atteint 214 millions de tonnes en 2020, avec une valeur estimée à 406 milliards de dollars USD (FAO, 2022). Face à une population mondiale qui devrait dépasser 9 milliards d'individus à l'horizon 2050, l'aquaculture est appelée à jouer un rôle stratégique dans la sécurité alimentaire mondiale (World Bank, 2013). Ce secteur génère des emplois pour plus de 58,5 millions de personnes à travers le monde (FAO, 2022).

1.2. Systèmes et techniques d'élevage

Les systèmes aquacoles marins se déclinent selon trois niveaux d'intensification : extensif, semi-intensif et intensif (Figure 1), chacun se distinguant par la densité d'élevage, la nature de l'alimentation et le degré de maîtrise de l'environnement (FAO, 2020).

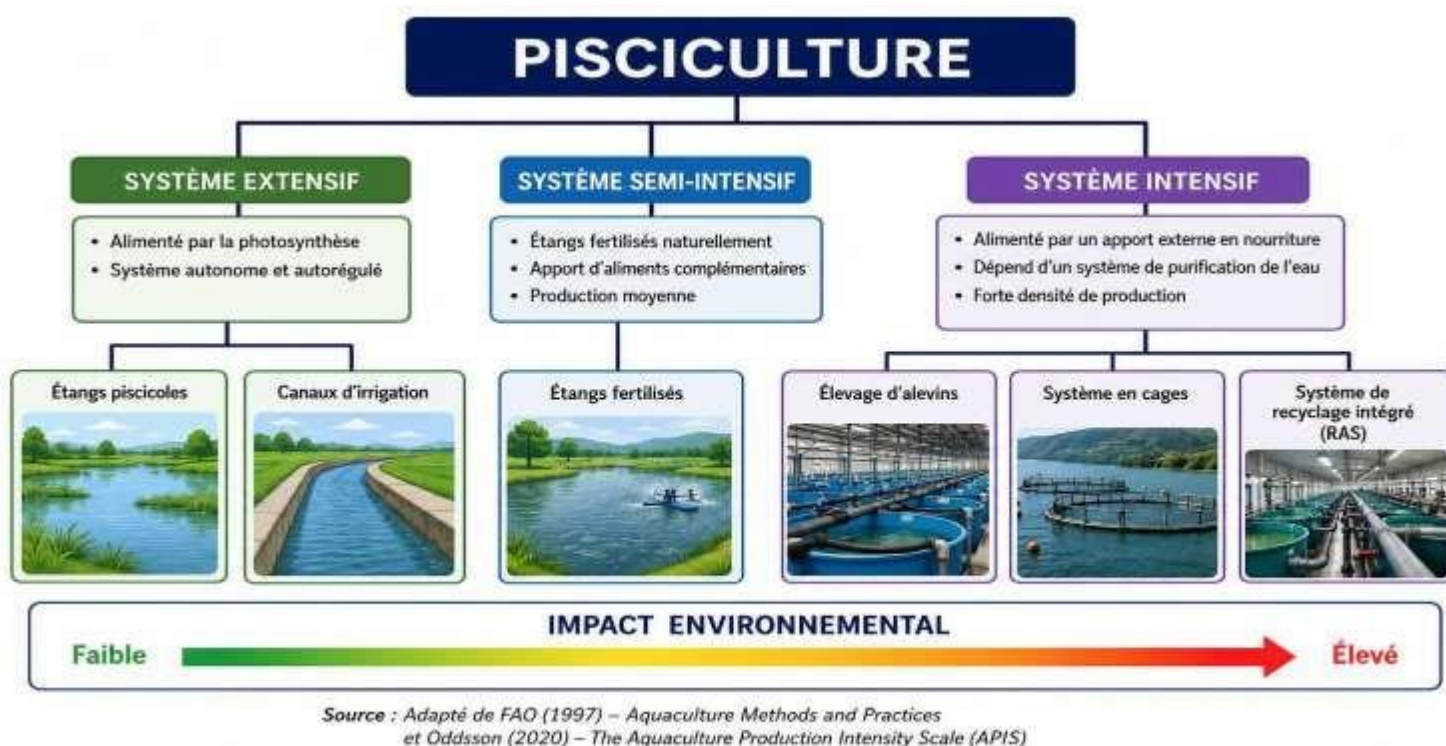


Figure 1. Types de systèmes de pisciculture et leur impact environnemental. Source : Adapté de “Making Aquaculture Sustainable”, University of Washington, 2017.

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Les principales structures utilisées sont les cages flottantes en mer, les bassins terrestres et les systèmes d'aquaculture multitrophique intégrée (Beveridge, 2004). Ces techniques permettent d'assurer une meilleure gestion des paramètres de production et d'optimiser les performances de croissance des espèces élevées (Pillay et Kutty, 2005).

Chaque type d'élevage a ses caractéristiques financières et techniques et un impact sur l'environnement, la comparaison entre les systèmes d'élevage selon le coût, la densité et l'impact environnemental est représenté dans le tableau 1.

Tableau 1. Comparaison des principaux systèmes d'aquaculture marine selon le coût, la densité et l'impact environnemental.

Système d'élevage	Coût	Densité d'élevage	Impact environnemental
Extensif	Faible	Faible	Faible
Semi-intensif	Moyen	Moyenne	Modéré
Intensif	Élevé	Élevée	Important

Pillay & Kutty (2005)

2. L'Aquaculture Marine en Algérie

2.1. Potentiel et développement national

L'Algérie dispose d'un littoral de 2 148 km longeant la mer Méditerranée, ce qui lui confère un potentiel important pour le développement de l'aquaculture marine (MEER/INCT, 2023). Depuis les années 2000, l'État algérien a initié une politique active de développement de ce secteur à travers des programmes nationaux d'investissement et d'incitations fiscales (CNRDPA, 2023).

La production aquacole nationale a enregistré une progression notable, passant de 351 tonnes en 2000 à 8 600 tonnes en 2022 (CNRDPA, 2024). Plusieurs régions côtières se sont imposées comme pôles aquacoles importants, notamment les wilayas de Chlef, Tipaza, Oran et Jijel (APS, 2021). En Algérie, selon le portail cartographique du CNRDPA (2020), le domaine de l'aquaculture marine compte actuellement 115 concessions attribuées. Parmi

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

celles-ci, 74 sont destinées à la pisciculture marine, 38 à la conchyliculture et 3 à la crevetticulture. Cette répartition met en évidence la prédominance de la pisciculture au sein du secteur aquacole national. Au total 30 fermes marines est en cours de production (10 fermes conchylicole et 20 fermes piscicoles marines), 20 fermes marines est en cours de réalisation (7 fermes conchylicole et 12 fermes piscicoles marines et 1 ferme de crevetticulture), 45 fermes marines est en cours de montage administratif et financier (16 fermes conchylicole et 28 fermes piscicoles marines et 1 ferme de crevetticulture) et 16 fermes marines est en arrêt (5 fermes conchylicole et 11 fermes piscicoles marines) (Figure 2) (www.cnrdpa.dz).

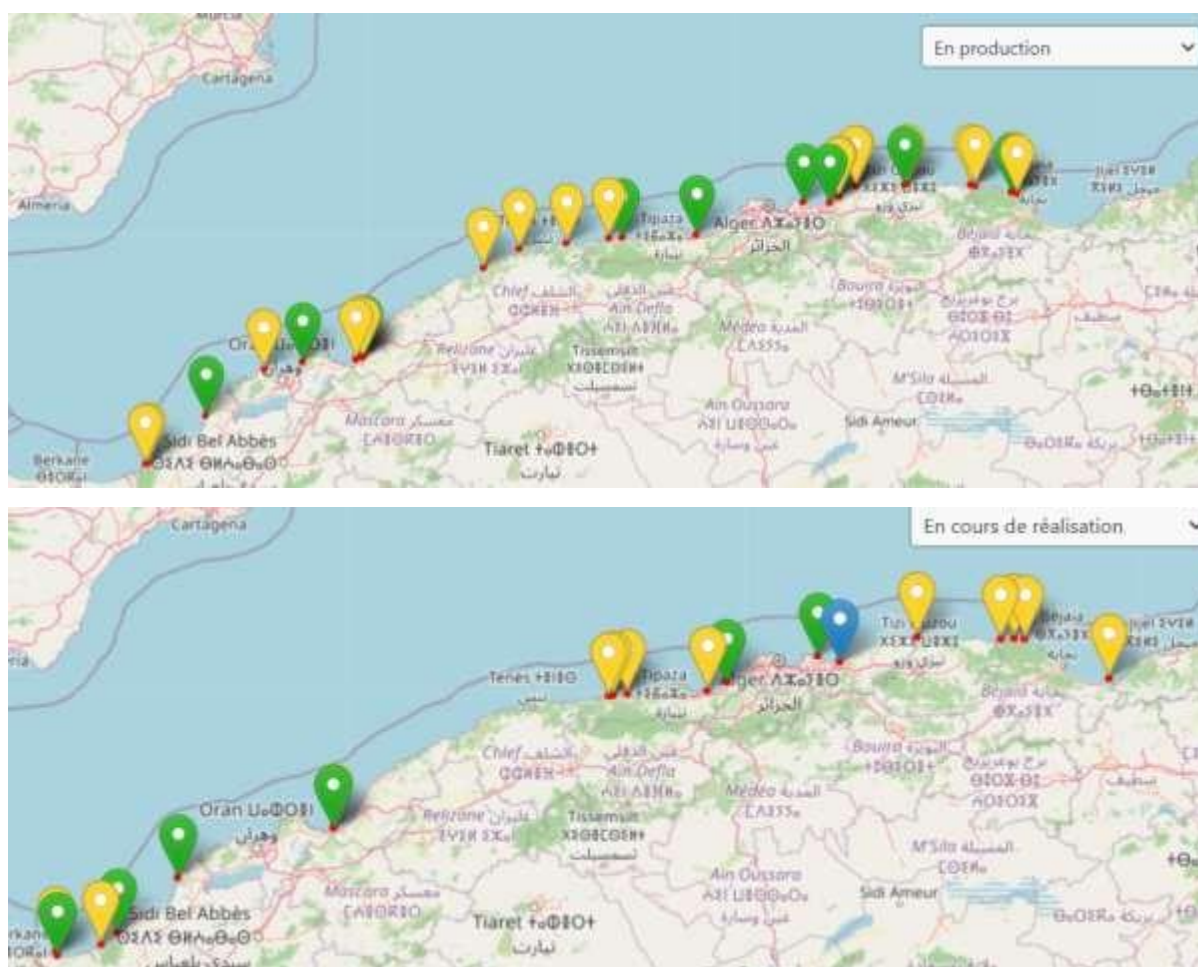




Figure 2. Localisation des principales exploitations aquacoles marines en Algérie (www.cnrdfa.dz).

2.2. Pisciculture marine au niveau de la wilaya de Chlef

La wilaya de Chlef occupe une position de premier rang dans le secteur aquacole national. Son littoral, qui englobe la zone de Beni Haoua, présente des conditions environnementales particulièrement favorables à l'élevage en cages flottantes (MPRH, 2021). La wilaya a enregistré l'ensemencement de 7,8 millions d'alevins, soit 60 % du total national, avec 78 cages flottantes installées (APS, 2021). La ferme Mokretar de Beni Haoua représente l'une des exploitations les plus actives et emblématiques de cette région (APS, 2021).

Selon le portail cartographique du CNRDP (2020), le secteur de l'aquaculture marine au niveau de la wilaya de Chlef est représenté par 8 exploitations aquacoles (3 fermes piscicoles sont en phase de production, tandis qu'une ferme piscicole est en cours d'installation et de mise en service, 4 exploitations sont actuellement à l'arrêt d'activité, dont trois fermes piscicoles et

une ferme conchylicole) (Figure 3). Cette situation témoigne d'un potentiel de développement de l'aquaculture marine dans la région, tout en mettant en évidence la nécessité d'identifier les contraintes techniques, économiques ou environnementales susceptibles d'affecter la continuité des activités de certaines exploitations.



Figure 3. Localisation des exploitations aquacoles marines au niveau de la wilaya de Chlef (www.cnrdfa.dz).

3. Espèces Cibles

La dorade royale (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758) et le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) constituent les deux espèces les plus élevées dans les fermes aquacoles marines en Méditerranée (Barnabé, 1990). Ces espèces sont prisées en aquaculture en raison de leur croissance rapide, de leur adaptation aux conditions d'élevage, de leur excellente qualité nutritionnelle et de leur forte valeur commerciale (Pillay et Kutty, 2005). Leur élevage représente plus de 70 % de la production aquacole marine méditerranéenne (FAO, 2022).

3.1. La Dorade royale (*Sparus aurata*)

La dorade royale appartient à la famille des *Sparidae*, selon la classification suivante (WoRMS) :

- Règne Animale
- Embranchement Chordés

- Sous-Embranchement Vertébrés
- Super-classe Ostéichthyens
- Classe Actinoptérygiens
- Sous-classe Neoptérygiens
- Infra-classe Téléostéens
- Super-ordre Acanthoptérygiens
- Ordre Perciformes
- Sous-ordre Percoidés
- Famille Sparidés
- Genre *Sparus*
- Espèce *Sparus aurata* (Linné, 1758)

La dorade royale possède un corps ovale, comprimé latéralement, recouvert d'écailles cténoïdes de taille moyenne (Barnabé, 1990). Sa tête est grande avec un profil frontal fortement convexe (Figure 4). La caractéristique morphologique la plus distinctive est la bande dorée iridescente située entre les deux yeux (FAO, 2022). Sa coloration générale est gris argenté sur les flancs avec des reflets dorés, et plus foncée sur le dos. Une tache noire est présente à l'origine de la ligne latérale (Barnabé, 1990). La bouche est petite et légèrement infère, équipée de dents coniques à l'avant et de dents molaires aplaties sur les côtés, adaptées à broyer les coquilles de mollusques et les carapaces de crustacés (Barnabé, 1990).

C'est une espèce euryhaline et eurytherme, tolérant des salinités de 5 à 40 PSU et des températures de 5 à 30°C (FAO, 2022). Elle présente un caractère hermaphrodite protandre : les individus deviennent d'abord des mâles (1 à 2 ans) avant de se transformer en femelles (à partir de 3 ans), ce qui constitue une particularité biologique importante pour la gestion des reproducteurs en élevage (Barnabé, 1990). Sa température optimale de croissance se situe entre 18 et 24°C, avec un optimum à 22°C (FAO, 2022). En conditions d'élevage optimales, elle

peut atteindre un poids commercialisable de 300 à 500 g en 12 à 18 mois (Pillay et Kutty, 2005).

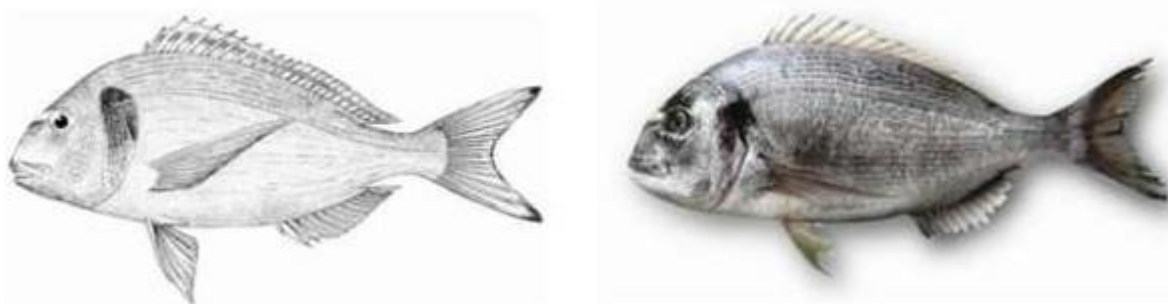


Figure 4. Daurade royale (FAO, 2016).

3.1.1. Techniques d'élevage

Sparus aurata peut être élevée suivant plusieurs méthodes : dans des lagunes côtières et des étangs, avec des méthodes : intensive, semi intensive et extensive. Ces méthodes sont très distinctes, spécialement quand il s'agit de l'aliment utilisé et de la densité d'élevage (FAO, 2026).

Selon la FAO (2026), le mode de production extensive repose sur les migrations naturelles des poissons euryhalins, lesquels sont capturés à l'aide de dispositifs de pêche traditionnels, notamment des pièges fixes en filet. Toutefois, en raison du caractère limité et aléatoire de l'approvisionnement en juvéniles issus du milieu naturel, les exploitations extensives modernes comptent aussi bien sur les juvéniles naturels pêchés que sur ceux d'élevage. Généralement, des juvéniles de daurade présentant un poids moyen de 2 à 3 g sont introduits dans les lagunes au cours de la période d'avril à mai afin d'assurer le grossissement.

Dans ces systèmes extensifs, la daurade royale atteint sa première taille marchande (environ 350 g) après près de 20 mois d'élevage (FAO, 2026). Elle est généralement associée à d'autres espèces d'intérêt aquacole, telles que les mullets, les anguilles et le bar, dans le cadre de systèmes de polyculture (FAO, 2026).

La production totale obtenue dans ce type de système de polyculture varie généralement entre 30 et 150 kg/ha/an, en fonction du niveau de productivité biologique de la lagune (FAO, 2026). Tout au long du cycle d'élevage, les daurades exploitent exclusivement les ressources

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

trophiques naturelles disponibles dans l'écosystème lagunaire, sans apport d'aliments complémentaires (FAO, 2026). Par ailleurs, les systèmes d'élevage extensifs se caractérisent par de très faibles densités de stockage, celles-ci dépassant rarement 0,0025 kg/m³ (FAO, 2026).

Contrairement aux systèmes extensifs, les systèmes d'élevage semi-intensifs se caractérisent par un niveau de contrôle anthropique de l'environnement de production plus élevé que celui observé dans les systèmes extensifs (FAO, 2026). Dans ce contexte, la fertilisation des zones de production peut également être mise en œuvre pour stimuler la productivité primaire et secondaire du milieu et ainsi accroître la disponibilité des ressources alimentaires naturelles. D'autres formes d'élevage semi-intensif reposent sur une intervention plus importante, incluant l'apport complémentaire d'aliments formulés ainsi que l'oxygénation du milieu lorsque les conditions de production l'exigent (FAO, 2026). Les performances de production varient considérablement en fonction de plusieurs facteurs, notamment la taille initiale des juvéniles mis en élevage, la densité de stockage et le niveau de supplémentation alimentaire (FAO, 2026). Les densités d'élevage demeurent généralement inférieures à 1 kg/m³, tandis que les rendements de production se situent habituellement entre 500 et 2 400 kg/ha/an (FAO, 2026).

En ce qui concerne le système intensif, ce mode de production s'inscrit généralement dans une filière intégrée comprenant successivement les phases de reproduction, d'élevage larvaire, de pré-grossissement et de grossissement (FAO, 2026). La phase de grossissement intensif est généralement précédée d'un pré-grossissement réalisé en conditions contrôlées, permettant d'optimiser la croissance et la survie des juvéniles avant leur transfert vers les unités de production. Ces étapes peuvent être conduites dans des installations terrestres équipées de bassins rectangulaires en béton (Figure 5), dont le volume varie généralement de 200 à 3 000 m³ selon la taille des poissons élevés et les objectifs de production ou en milieu marin à l'aide de cages d'élevage installées sur des sites présentant différents degrés d'exposition aux conditions hydrodynamiques (Figure 6). Les systèmes les plus couramment utilisés comprennent les cages flottantes implantées dans des zones abritées ou semi-exposées, ainsi que les cages semi-submersibles ou submersibles destinées aux sites plus exposés. Ces technologies permettent d'augmenter les capacités de production tout en favorisant une meilleure circulation de l'eau et une amélioration des conditions d'élevage (FAO, 2026).



Figure 5. Bassins en terre pour l'élevage de la daurade royale (FAO, 2026).



Figure 6. Cages flottantes pour l'élevage de la daurade royale (FAO, 2026).

Selon FAO (2026), les systèmes intensifs peuvent être alimentés par des juvéniles provenant d'écloseries. Toutefois, les exploitations de grande capacité privilégient généralement une production intégrée en assurant elles-mêmes la production de leurs juvéniles, garantissant ainsi un meilleur contrôle de la qualité et de la disponibilité des stocks.

Lorsque le grossissement est réalisé dans des bassins, les daurades royales sont élevées à des densités très élevées, comprises entre 15 et 45 kg/m³ avec un apport important en oxygène dissous et des températures comprises entre 18 et 26 °C, des daurades pré-grossis d'environ 5 g peuvent atteindre la première taille commerciale, entre 350 et 400 g, en approximativement une année (FAO, 2026).

Le grossissement en cages marines constitue quant à lui une méthode simple, largement utilisée et économiquement avantageuse dans les pays du bassin méditerranéen surtout en Algérie. Bien que les densités de stockage sont de 10 à 15 kg/m³, ce système présente plusieurs avantages économiques liés à l'absence de coûts associés au pompage de l'eau, à l'aération artificielle ou au traitement des effluents (FAO, 2026). En revanche, les conditions environnementales, notamment la température de l'eau, ne peuvent être contrôlées de manière

aussi précise que dans les installations terrestres, ce qui influence directement les performances de croissance (FAO, 2026). Dans ce système, des juvéniles de 10 g atteignent la première taille commerciale (350–400 g) après près d’une année de grossissement, tandis que des juvéniles plus petits (de 5 g) nécessitent généralement 16 mois pour atteindre ce même poids de commercialisation (FAO, 2026)

3.2. Le Loup de Mer (*Dicentrarchus labrax*)

Le loup de mer (Aussi appelé Bar européen) appartient à la famille des *Moronidae*, ordre des Perciformes. Sa classification selon WoRMS est la suivante :

- Règne Animale
- Embranchement Chordés
- Sous-Embranchement Vertébrés
- Super-classe Ostéichthyens
- Classe Actinoptérygiens
- Sous-classe Neoptérygiens
- Infra-classe Téléostéens
- Super-ordre Acanthoptérygiens
- Ordre Perciformes
- • Famille Moronidés
- Genre *Dicentrarchus*
- Espèce *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758)

Le bar européen a un corps assez allongé, un opercule avec 2 épines plates, une bouche terminale, modérément protractile, des dents vomériennes en une bande formant un croissant sans extension sur la ligne médiane de la voûte de la bouche (FAO, 2009). Il se caractérise par

deux nageoires dorsales séparées, la première possède entre 8 à 10 épines et la seconde a une épine et 12 ou 13 rayons mous. La nageoire anale a 3 épines et 10 ou 12 rayons mous (Figure 7). Sa couleur est de grise argentée à bleuâtre sur le dos, argentée sur les côtés avec un ventre parfois teinté de jaune. Les jeunes de bar européen peuvent avoir quelques taches sur le haut du corps mais pas les adultes. Une tache noire diffuse sur le bord de l'opercule chez cette espèce (FAO, 2009).

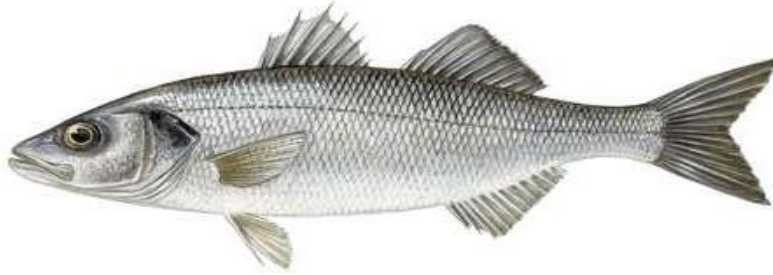


Figure 7. Bar européen (Alfonso, 2018).

C'est une espèce gonochorique et un prédateur strictement carnivore, se nourrissant principalement de petits poissons et de crustacés (Barnabé, 1990). Il tolère des salinités de 2 à 38 PSU et des températures de 5 à 28°C, avec un optimum de croissance entre 15 et 22°C (Beveridge, 2004).

3.2.1. Techniques d'élevage

Selon FAO (2009), le système extensif consiste à placer des barrières spéciales dans les sites lagunaires appropriés pour capturer les loups de mer pendant leur migration en automne vers la pleine mer. Ces barrières restent ouvertes de février à mai pour que la lagune puisse être naturellement approvisionnée en juvéniles. Dans ce système de production le loup de mer est cultivé en polyculture. Les individus atteignent une taille commerciale (400-500 g) en 37 mois, avec une production totale de 50-150 kg/ha/an.

Pour le système semi intensif, la production implique un enrichissement artificiel avec des juvéniles et une fertilisation de lagunes (FAO, 2009). Les juvéniles sont capturés au niveau des zones côtières durant le mois de Mai et de Juin, transportés dans des bacs bien oxygénés pour les premiers stades de grossissement dans des étangs spéciaux, jusqu'à ce qu'ils atteignent la taille qui leur permettra de survivre dans la lagune (FAO, 2009).

Par contre dans le système intensif, les unités d'élevage sont approvisionnées en petits alevins provenant des écloseries d'une taille de 1,5-2,5 g et un régime alimentaire contrôlé (FAO, 2009). Ces individus atteignent 400-450 g en 18-24 mois. L'aliment est distribué par un distributeur automatique ou manuellement aux poissons de plus grandes tailles (FAO, 2009).

Ce système est réalisé généralement dans des cages, bassins ou bacs. Les cages sont couramment faites d'acier avec des dimensions de 4 à 10 m², et des filets suspendus de 6-8 m de profondeur (FAO, 2009). L'avantage principal des cages est le renouvellement naturel et continu de l'eau à travers les mailles du filet, assurant une oxygénation permanente (Beveridge, 2004). Cependant, ce système engendre une accumulation de matières organiques sur les fonds marins sous les cages et un enrichissement en nutriments du milieu environnant (FAO, 2020).

Selon FAO (2009), les bassins ou les bacs sont alimentés en eau de mer et maintenus en flux ouvert sous des températures ambiantes. Des densités de stockage élevées sont appliquées au niveau de ces structures d'ordre 20-35 kg/m³, ce qui exige un contrôle particulier de la qualité d'eau et des observations soigneuses de la santé des poissons. Les bassins terrestres représentent une alternative aux cages flottantes, particulièrement adaptée aux phases de pré-grossissement (Pillay et Kutty, 2005). Ces structures permettent un contrôle précis des paramètres environnementaux (température, salinité, oxygène dissous, pH) grâce à des systèmes de régulation automatisés (Beveridge, 2004). Les systèmes en recirculation (RAS) minimisent les rejets dans l'environnement grâce à des dispositifs de filtration biologique et mécanique, mais leur coût reste significativement plus élevé (FAO, 2020).

4. Production

4.1. Production mondiale

L'un des exemples les plus marquants du développement de l'aquaculture européenne est l'essor de la filière du bar européen en Méditerranée. En moins de 15 ans l'aquaculture du bar européen est passée de quelques milliers de tonnes à 57 000 tonnes, ayant déjà atteint 71 000 tonnes en 2000 (FAO, 2009) (Figure 8). Les productions de bar d'élevage dépassent largement celles débarquées par la pêche estimée à 11 000 tonnes en 2024 (FAO FishStats) et ce, depuis le milieu des années 90 dès la maîtrise totale de la production de juvéniles en écloserie.

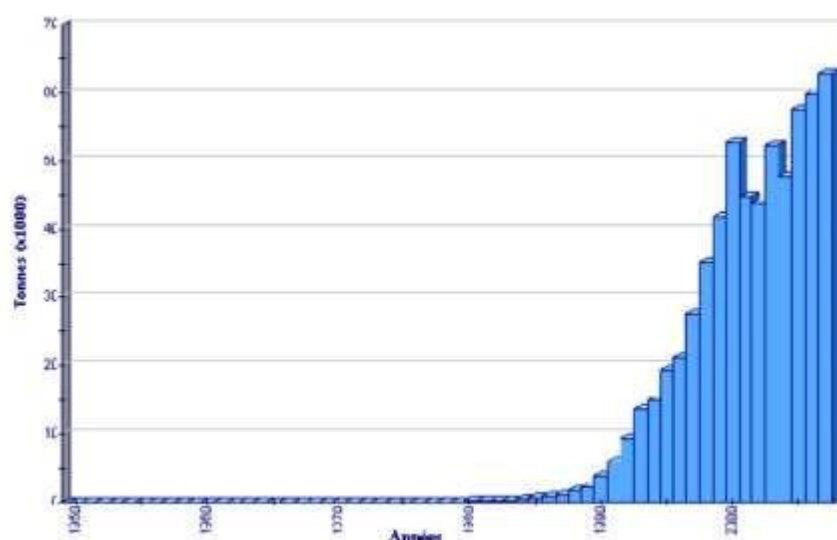


Figure 8. Production globale d’aquaculture de *Dicentrarchus labrax* (Figure exclut la production de la Turquie) (FAO, 2009).

Lorsque les premières productions aquacoles de daurade royale ont été commercialisées à la fin des années 1980 (257 tonnes) et au début des années 1990 (4570 tonnes), leur qualité a été jugée comparable à celle des poissons issus de la pêche, ce qui leur a permis d’atteindre des prix de vente particulièrement élevés. Selon FAO (2026) En 2024, la production totale a été estimée à 338227,554 tonnes (Figure 9).

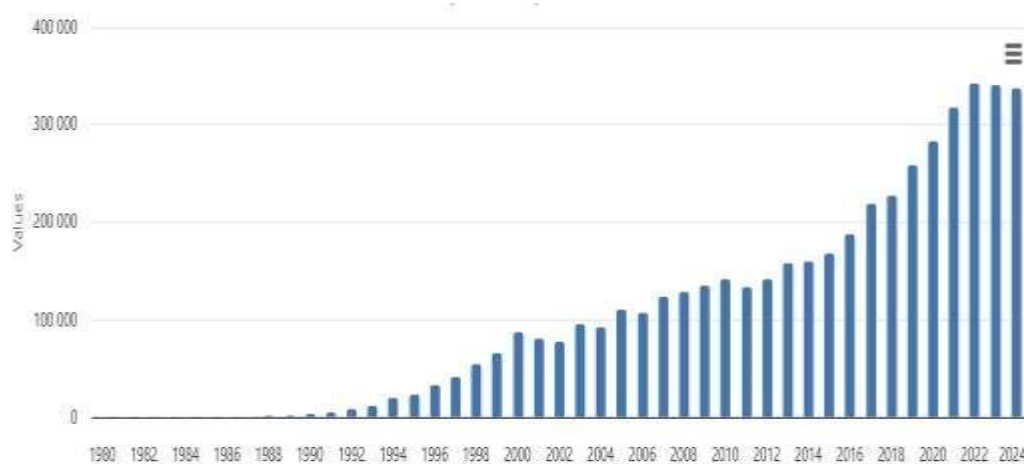


Figure 9. Production globale d’aquaculture de *Sparus aurata* (FAO, 2026).

4.2. Production Nationale

Le secteur aquacole algérien a connu une croissance progressive depuis le lancement du programme national de développement de l’aquaculture en 2014, soutenue par des crédits à

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

taux zéro, des exonérations fiscales et la simplification des procédures administratives (MPRH, 2021). Les espèces les plus produites sont la dorade royale et le loup de mer, suivies des moules et des huîtres (APS, 2021). La wilaya de Chlef représente à elle seule une part prépondérante de la production nationale (APS, 2021).

Tableau 2. Évolution de la production aquacole (Tonnes) par wilaya

Wilaya	2021	2022	2022 (%)	2022/2021
Adrar	/	26	0,5	/
Chlef	1 671	1 571	28,4	-6,0
Béjaïa	444	498	9,0	12,2
Biskra	/	106	1,9	/
Bechar	121	236	4,3	95,1
Tlemcen	113	388	7,0	243,5
Tizi Ouzou	87	38	0,7	-56,3
Alger	17	5	0,1	-71,2
Jijel	124	116	2,1	-6,3
Sétif	124	125	2,3	0,8
Skikda	56	276	5,0	392,8
Sidi Bel Abbes	34	53	1,0	56,0
Annaba	1	7	0,1	620,0
Guelma	198	161	2,9	-18,5
Mostaganem	183	65	1,2	-64,5
Ouargla	19	1	0,0	-93,8
Oran	479	185	3,4	-61,3
Boumerdès	16	442	8,0	2 664,7

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Wilaya	2021	2022	2022 (%)	2022/2021
El Tarf	98	75	1,4	-23,6
El Oued	/	15	0,3	/
Tipaza	119	43	0,8	-64,0
Aïn Defla	597	759	13,7	27,1
Aïn Témouchent	8	7	0,1	-14,8
Relizane	279	325	5,9	16,4
Total	4 788	5 524	100,0	15,4

Source : Ministère de la Pêche et des Produits Halieutiques.(
https://www.ons.dz/IMG/pdf/indicateurs_peche2022.pdf)

5. Impacts de l'Aquaculture Marine sur l'Environnement

5.1. Impacts positifs

L'aquaculture marine génère plusieurs impacts positifs sur les plans économique et social. Sur le plan économique, elle contribue à l'augmentation de la production alimentaire nationale et à la réduction du déficit commercial lié aux importations de produits halieutiques (FAO, 2022). Sur le plan environnemental, elle peut réduire la pression de pêche sur les stocks naturels. Dans certains cas, les cages flottantes jouent le rôle de récifs artificiels, favorisant la colonisation par des espèces marines et augmentant localement la biodiversité (Odum, 1971).

5.2. Impacts négatifs

5.2.1. Impact sur l'espèce

L'aquaculture intensive peut avoir des effets néfastes sur les espèces sauvages locales. L'introduction d'espèces allochtones peut menacer l'intégrité génétique des populations sauvages en cas d'évasion accidentelle (Chalabi, 2002). L'utilisation d'antibiotiques et de traitements antiparasitaires peut favoriser le développement de résistances bactériennes et affecter la santé des espèces sauvages environnantes (Beveridge, 2004). La propagation de

pathogènes (virus, bactéries, parasites) des poissons d'élevage vers les populations sauvages constitue également un risque sanitaire important (Bardach et al., 1972).

5.2.2. Impact sur l'espace

L'installation de fermes aquacoles modifie l'utilisation de l'espace maritime et peut engendrer des conflits d'usage avec la pêche artisanale, le tourisme balnéaire et la navigation (FAO, 2020). L'occupation de zones marines à haute valeur écologique peut perturber les écosystèmes sensibles tels que les herbiers de *Posidonia* et les zones de nurserie (Odum, 1971). Les structures aquacoles peuvent également constituer des obstacles à la navigation et réduire les zones de pêche traditionnelles (Pillay et Kutty, 2005).

5.2.3. Impact sur le biotope

Les impacts sur le biotope constituent la préoccupation environnementale la plus documentée en aquaculture marine (Beveridge, 2004). Les rejets organiques s'accumulent sur les sédiments sous les cages, entraînant une augmentation de la demande biologique en oxygène (DBO) et une diminution de la teneur en oxygène dissous (FAO, 2020). Cet enrichissement organique peut conduire à des conditions anoxiques et à la production de gaz toxiques (H_2S , CH_4) ainsi qu'à la disparition de la macrofaune benthique (Bardach et al., 1972). L'accumulation de composés azotés et phosphorés dans la colonne d'eau favorise les phénomènes d'eutrophisation et modifie la transparence de l'eau, perturbant l'équilibre écologique du milieu marin (FAO, 2020). L'intensité de ces impacts dépend principalement de la densité d'élevage, de l'hydrodynamisme du site et des pratiques de gestion de l'alimentation (Pillay et Kutty, 2005).

CHAPITRE 2: MATERIAL ET METHODES

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée au niveau du Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) de Bou Ismail (Wilaya de Tipaza) et les prélèvements ont été effectués au niveau de la ferme El Mokretar (wilaya de Chlef).

1. Présentation de site d'étude

La SARL El Mokretar Aqua (36°32'12.59"N, 1°35'14.46"E) est une entreprise aquacole implantée dans la commune de Béni Haoua, wilaya de Chlef (Figure 10). Elle exerce ses activités dans le domaine de la pisciculture marine et représente l'un des projets aquacoles les plus importants de la région. L'entreprise dispose d'une concession en mer ainsi que d'une concession à terre.



Figure 10. Localisation de la SARL El Mokretar Aqua.

La région de Béni Haoua se caractérise par un climat méditerranéen typique. L'analyse des précipitations moyennes mensuelles révèle une saison sèche distincte durant la période estivale, tandis que le reste de l'année constitue la saison des pluies, avec des précipitations concentrées principalement en hiver. Les températures sont généralement modérées grâce à l'influence maritime de la mer Méditerranée, qui confère à la région des étés chauds et secs ainsi que des hivers doux et humides. L'humidité relative est souvent élevée à proximité de la côte, favorisant ainsi les activités aquacoles et marines. La région bénéficie par ailleurs d'un

ensoleillement important durant la majeure partie de l'année, offrant des conditions climatiques propices au développement de la pisciculture marine.

2. Elevage du poisson

La ferme est spécialisée dans l'élevage de poissons en cages flottantes en mer. Les principales espèces élevées sont le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) et la dorade royale (*Sparus aurata*) avec une capacité de production estimée à 450 tonnes.

L'aliment utilisé dans l'élevage des poissons est un aliment extrudé destiné à la pisciculture marine. Il est commercialisé sous la marque 4fish s.r.l et se présente sous forme de granulés de 2 mm. Cet aliment est composé principalement de farine de poisson, d'huile de poisson, de gluten de blé, de farine de krill, de levure de bière, de lécithine de soja ainsi que de vitamines et de minéraux essentiels au développement des poissons avec un taux de protéines brutes de 51 %. La distribution de l'aliment est réalisée en fonction du poids des poissons ainsi que des conditions environnementales, avec un taux d'alimentation variant entre 0,5 % et 2 % du poids vif. La quantité d'aliment distribuée varie entre 320 kg et 400 kg par jour pour chaque cage flottante. Chaque cage contient environ 350 000 poissons.

3. Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé durant deux mois Mars (28 mars 2026) et Avril (23 avril 2026) à l'aide d'une embarcation, avec l'intervention de plongeurs au niveau du site d'élevage (Pour les prélèvements du fond). Aucun prélèvement n'a pu être effectué durant le mois de février en raison de conditions météorologiques défavorables ayant rendu les sorties en mer impossibles.

Les prélèvements ont été effectués en 08 points répartis autour des cages flottantes, auxquels s'ajoutent deux points situés au centre des cages, l'un en surface et l'autre à une profondeur de 10 mètres, de manière à couvrir l'ensemble de la zone d'étude et à garantir une représentativité spatiale des données collectées (Figure 11).

Tableau 03. Coordonnées géographiques des stations de prélèvement				
Station		Latitude		Longitude
S1	36°31,5600'	N	1°29,7904'	E
S2	36°32,4231'	N	1°29,8205'	E
S3	36°32,4437'	N	1°29,5138'	E
S4	36°32,4437'	N	1°29,7277'	E
S5	36°32,5541'	N	1°29,8864'	E
S6	36°32,6966'	N	1°29,8790'	E
S7	36°32,4232'	N	1°29,8205'	E
S8	36°32,5541'	N	1°29,8864'	E
C1 (centre surface)	Non mesuré		Non mesuré	
C2 (centre 10 m)	Non mesuré		Non mesuré	

Les stations de prélèvement ont été géoréférencées à l'aide du GPS embarqué. Les coordonnées géographiques des différentes stations sont présentées dans le tableau suivant.

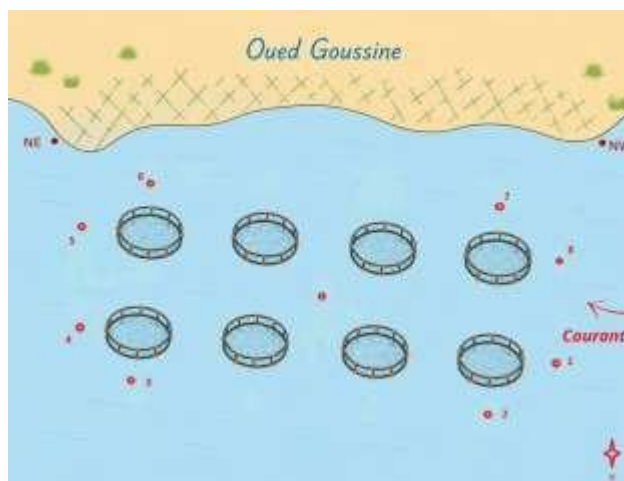


Figure 11. Position des stations de prélèvements d'eau de mer au niveau de la ferme El Mokretar. ○ : Station de prélèvement.

3.1. Phytoplancton

Un volume de 1,5 L d'eau a été prélevé à chaque point pour l'étude du phytoplancton (Figure 12). Afin de préserver l'intégrité des cellules phytoplanctoniques, les échantillons ont été fixés immédiatement après leur prélèvement par ajout d'une solution de Lugol à 10 %. Le volume du Lugol a été ajusté jusqu'à l'obtention d'une coloration jaune paille à brun ambré de l'échantillon, soit approximativement 08 gouttes pour un volume de 500 mL. La fixation au Lugol présente plusieurs avantages pour l'étude du phytoplancton. Elle induit une coloration brun clair des cellules, ce qui améliore leur contraste et facilite leur identification microscopique (Rossi, 2008). En outre, elle favorise la sédimentation des organismes, permettant ainsi une meilleure quantification des populations phytoplanctoniques (Dadi, 2002). Après leur fixation, les échantillons ont été maintenus dans une glacière et conservés à l'obscurité afin de prévenir toute dégradation des cellules et de garantir leur intégrité jusqu'aux analyses de laboratoire au niveau du CNRDPA (Dadi, 2002).



Figure 12. Echantillon du phytoplancton fixé avec du Lugol.

3.2. Sels nutritifs

Un volume de 1,5 L d'eau a été prélevé à chaque point pour l'analyse des sels nutritifs puis conservé dans une glacière et transporté directement au CNRDPA. Une fois arrivé au CNRDPA, les échantillons ont été congelés immédiatement à une température de -20°C afin de préserver leur composition chimique jusqu'à l'analyse selon les recommandations de Winfried Lampert (2001) (Figure 13).



Figure 13. Echantillon pour analyse des sels nutritifs.

3.3. Chlorophylle a

Les échantillons destinés à l'analyse de la chlorophylle a ont été prélevés dans des bouteilles de 1,5 L au niveau des différentes stations d'échantillonnage puis conservés à l'abri de la lumière à l'aide d'un sac noir pour éviter toute dégradation des pigments photosynthétiques, transportés dans une glacière directement au CNRDPA de Bou Ismail pour filtration (Figure 14).



Figure 14. Echantillon pour analyse du chlorophylle a.

4. Mesure in situ

Pour chaque station de prélèvement, des mesures in situ de la conductivité, de la salinité, de la température, du pH, et de la turbidité ont été réalisées afin d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux marines. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un multiparamètre portable 5 en 1 (Figure 15).



Figure 15. Multiparamètre portable.

5. Analyse de la chlorophylle a

Dès l'arrivée des bouteilles de prélèvement au CNRDPA, les échantillons destinés à l'analyse de la chlorophylle a ont été traités selon le protocole d'Aminot et Chausse-pied (1983). Le dispositif de filtration a d'abord été soigneusement rincé à l'eau distillée avant la mise en place des filtres. Après homogénéisation de l'échantillon, un volume de 250 mL a été filtré sous vide afin de retenir la biomasse phytoplanctonique sur le filtre de type Wattman GF/F de diamètre 47mm et de porosité 0.7 μ m. Celui-ci a ensuite été conservé à l'abri de la lumière dans le papier aluminium et congelé jusqu'à l'étape d'extraction (Figure 16).



Figure 16. Filtration d'échantillon.

Pour l'extraction de la chlorophylle a, le filtre a été transféré dans un tube à centrifuger contenant 10 mL d'acétone à 90 %, déchiqueté à l'aide d'une tige en verre afin de favoriser la libération des pigments, puis ces tubes ont été placés au réfrigérateur pendant une nuit pour permettre une extraction complète. Après incubation, les échantillons ont été centrifugés pendant 5 minutes à 3500 tr/min. Les fibres de verre adhérant aux parois du tube ont été décollées, puis une seconde centrifugation de 10 minutes à 3500 tr/min a été réalisée afin d'obtenir un extrait clarifié (Figure 17).



Figure 17. Centrifugation.

Les concentrations en chlorophylle a ont ensuite été déterminées par mesure spectrophotométrique de l'absorbance de l'extrait avant et après acidification aux longueurs d'onde de 665 nm et 750 nm. Tout au long du protocole, les filtres ainsi que les extraits ont été maintenus à l'abri de la lumière afin d'éviter toute dégradation des pigments photosynthétiques (Figure 18).



Figure 18. Lecture des absorbances.

Le Calcul de la concentration est selon la formule suivante :

$$[\text{Chlorophylle a}] (\text{mg.m}^{-3}) = (26,7(A_a - A_{ap}) \times v) / (V \times 1)$$

Avec :

- A_a : Absorbance avant correction.
- A_{ap} : Absorbance après correction (pour éliminer l'effet des phéopigments).
- $A_a - A_{ap}$: Absorbance réelle de la chlorophylle a.
- v : Volume du solvant utilisé pour l'extraction (en mL).
- V : Volume d'eau filtré (en litres).
- 26,7 : Constante de conversion.
- 1 : Longueur du trajet optique de la cuve (1 cm).

6. Dosage des sels nutritifs

Les dosages des sels nutritifs (nitrite, nitrate, l'azote ammoniacal et le phosphore) de l'eau sont réalisées par la méthode spectrale au niveau de laboratoire physico-chimique du CNRDPA, selon le protocole d'Aminot et Chaussepied (1983).

6.1. Dosage des nitrites (NO₂-)

Un volume de 50 mL d'échantillon a été traité avec 1 mL de solution de sulfamide (réactif R1). Après 2 à 8 minutes, 1 mL de solution de N-1naphtyenediamine (réactif R2) a été ajouté. Après 10 minutes d'incubation, l'intensité de la coloration développée a été déterminée par mesure de l'absorbance à 543 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Figure 19).

Cette absorbance a ensuite été utilisée pour déterminer la concentration en nitrites de l'échantillon.



Figure 19. Spectrophotomètre UV-Visible utilisé pour l'analyse des nutriments.

6.1. Dosage des nitrates (NO_3^-)

Pour le dosage des nitrates, 100 mL d'échantillon d'eau ont été prélevés de chaque bouteille de 1,5L (qui ont été prélevé pour chaque station), puis 2 mL d'une solution concentrée de chlorure d'ammonium ont été ajoutés. Le mélange a ensuite été passé à travers la colonne réductrice de cadmium cuivré afin de réduire les nitrates en nitrites. Après élimination des premiers millilitres, 50 mL de l'échantillon réduit ont été recueillis dans une fiole jaugée. Ce volume a ensuite été soumis au même protocole analytique que celui utilisé pour le dosage des nitrites.



Figure 20. Développement de la coloration rose lors du dosage des nitrites (NO_2^-).

7. Etude de la population phytoplantocnique

Le dénombrement des cellules phytoplanctoniques a été réalisé sur des échantillons de 1,5L à l'aide d'un microscope inversé OPTIKA (sur des objectif, X20, X40, X60), conformément à la méthode d'Utermöhl (1958) (Figure 22). Cette méthode repose sur la sédimentation préalable des cellules dans une chambre de comptage de 100 mL, permettant leur observation et leur quantification sous microscope inversé (Figure 22). Elle présente l'avantage de fournir à la fois des informations qualitatives et quantitatives sur les communautés phytoplanctoniques, en autorisant l'identification des différents taxons ainsi que le dénombrement précis des cellules individuelles (Dadi, 2002).



Figure 22. Microscope inversé OPTIKA



Figure 23. Chambre de sédimentation d'UTERMOHL.

Avant la mise en sédimentation, chaque échantillon a été soigneusement homogénéisé afin d'assurer une répartition uniforme des cellules phytoplanctoniques dans l'ensemble du volume analysé. Cette étape est essentielle pour remettre en suspension les cellules éventuellement déposées au fond du bouteille ou adsorbées sur ses parois, garantissant ainsi la représentativité de l'échantillon lors du dénombrement (Illoul, 1991). L'homogénéisation a été réalisée par environ 30 retournements lents et successifs du flacon, en veillant à éviter toute détérioration des cellules phytoplanctoniques (Masson, 2015).

Le dénombrement du phytoplancton a consisté à recenser les différents taxons observés et à quantifier le nombre de cellules correspondant à chaque taxon dans les champs d'observation. Avant le comptage, un balayage préliminaire de l'ensemble de la chambre de sédimentation a été effectué afin d'évaluer la composition générale de l'échantillon, de repérer les espèces susceptibles d'être sous-estimées et d'apprécier la répartition spatiale des particules au sein de la cuve. Le comptage a été effectué sur l'ensemble de la cuve afin d'améliorer la précision des estimations (Masson, 2015).

Les différents taxons observés ont été photographiés et consignés dans des fiches descriptives accompagnées des informations relatives à l'échantillon (date et points d'échantillonnage). L'identification taxonomique a été réalisée au niveau le plus précis possible en fonction de la qualité des observations et des caractéristiques morphologiques disponibles. Ainsi, certains organismes ont été identifiés jusqu'au niveau de la famille lorsque les critères diagnostiques étaient insuffisants, tandis que d'autres ont pu être déterminés jusqu'au genre.

L'identification des taxons phytoplanctoniques s'est appuyée sur plusieurs ouvrages, notamment le Phytoplankton Identification Catalogue (2001), le Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton (Ifremer, 1969) ainsi que la thèse de doctorat de Boudjenah (2019).

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 3 : Résultats et Discussion**1. Paramètres physicochimiques**

Les paramètres physicochimiques mesurés (pH, conductivité, température et salinité) ont présenté des variations à la fois spatiales et temporelles, selon les stations d'échantillonnage et les mois de prélèvement. Concernant le pH, une augmentation est observée de l'ouest des cages vers leur centre. En effet, les valeurs passent de 8.2 ± 0.1 en mars et 8.3 ± 0.2 en avril à l'entrée des cages, à 8.4 en mars et 8.5 en avril au centre des cages. Par la suite, une légère diminution est enregistrée vers la sortie des cages, où les valeurs atteignent 8.4 ± 0.07 pour mars et 8.4 ± 0.04 pour avril (Figure 24). Il convient toutefois de noter que les valeurs mesurées à la sortie demeurent supérieures à celles observées à l'entrée des cages. Par ailleurs, une analyse globale met en évidence une légère augmentation du pH entre les deux périodes d'échantillonnage, la valeur moyenne passant de 8.3 ± 0.12 en mars à 8.4 ± 0.08 en avril.

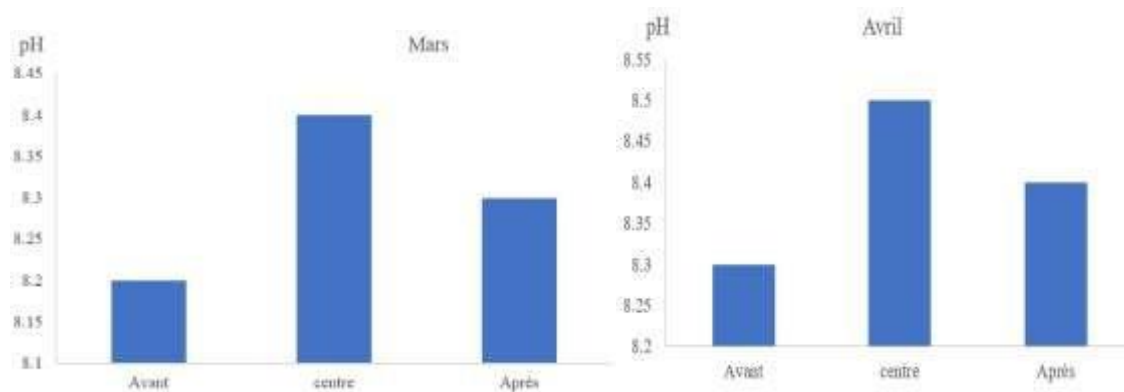


Figure 24. Variation du pH durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

La conductivité a présenté des variations spatiales distinctes entre les deux périodes d'échantillonnage. Au mois de Mars, les valeurs de conductivité augmentent de l'ouest des cages vers leur centre, passant de $7243 \pm 218.8 \mu\text{S/cm}$ à $7417 \mu\text{S/cm}$, puis diminuent vers la sortie des cages pour atteindre $6143.5 \pm 1129.3 \mu\text{S/cm}$. En revanche, au mois d'Avril, une tendance inverse est observée : la conductivité diminue de l'ouest vers le centre des cages, passant de $6548 \pm 636.7 \mu\text{S/cm}$ à $6184.5 \mu\text{S/cm}$, puis augmente à la sortie des cages où elle atteint $6883.5 \pm 151 \mu\text{S/cm}$ (Figure 25). Par ailleurs, l'analyse globale des résultats met en évidence une diminution de la conductivité entre les mois de mars ($6934.6 \pm 654.8 \mu\text{S/cm}$) et d'avril ($6538.7 \pm 393.6 \mu\text{S/cm}$), indiquant une baisse générale de la minéralisation de l'eau au cours de cette période.

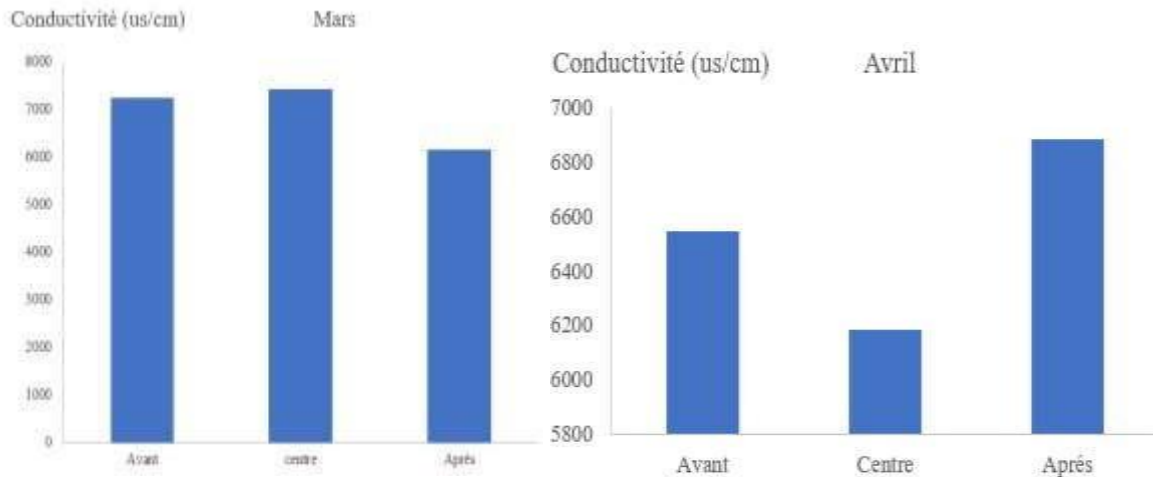


Figure 25. Variation de la conductivité durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

La salinité a montré des variations selon les stations et les périodes d'échantillonnage. Au mois de Mars, les valeurs de salinité augmentent de l'ouest des cages vers leur centre, passant de 36 ± 1.4 PSU à 37, puis diminuent vers la sortie des cages pour atteindre une valeur de 31 ± 5.5 PSU. En revanche, au mois d'Avril, la salinité diminue de l'ouest vers le centre des cages, passant de 33 ± 2.8 PSU à 31.5, avant d'augmenter à la sortie des cages où elle atteint 34 ± 1 PSU (Figure 26). Par ailleurs, l'analyse globale des résultats met en évidence une diminution de la salinité entre les mois de Mars (34.8 ± 3.4 PSU) et d'Avril (32.8 ± 1.4 PSU), traduisant une baisse générale de la teneur en sels dissous de l'eau au cours de cette période.

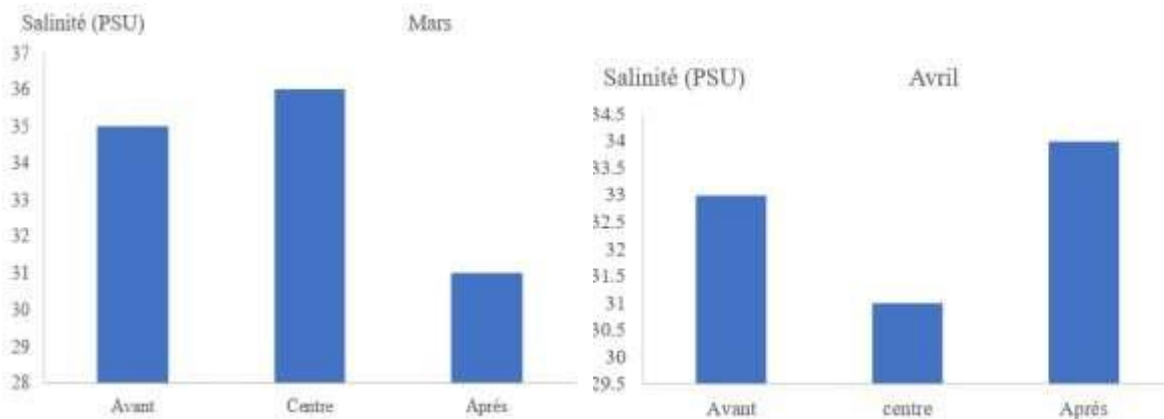


Figure 26. Variation de la salinité durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

Pour la température de l'eau, une variabilité spatiale et temporelle a également été observée entre les différentes stations et les mois d'échantillonnage (Figure 27). Les valeurs enregistrées montrent une diminution de l'entrée (ouest) des cages vers leur centre, passant de 13 ± 0.3 °C à 12.3 °C au mois de Mars. En Avril, la température évolue de 16 ± 0.4 °C à l'entrée des cages à 16.2 °C au centre des cages. Par la suite, une augmentation est observée vers la sortie des cages, où les températures atteignent respectivement 12.6 ± 0.2 °C en Mars et 16.5 ± 0.1 °C en avril. Il est à noter que les valeurs mesurées à la sortie des cages sont supérieures à celles enregistrées au centre des cages pour les deux périodes d'échantillonnage. Par ailleurs, l'analyse globale des données met en évidence une augmentation de la température entre les

mois de mars ($12.3 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$) et d'avril ($16.23 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$), traduisant le réchauffement progressif des eaux au cours de cette période.

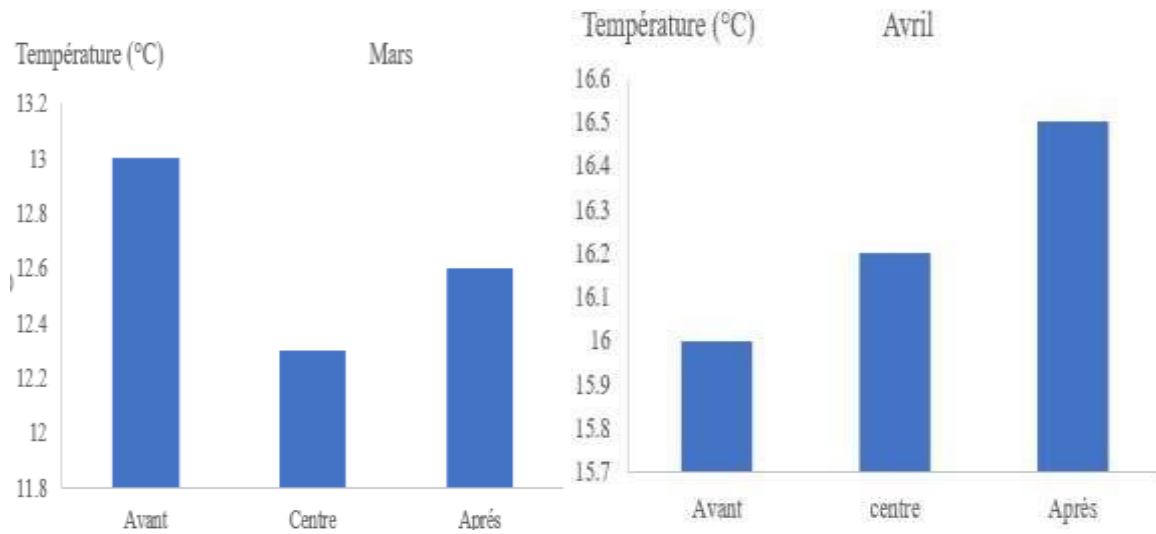


Figure 27. Variation de la température durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

Les valeurs des paramètres physicochimiques (pH, conductivité, température et salinité) enregistrées au cours de cette étude se situent dans les intervalles recommandés pour les deux espèces étudiées. Elles se trouvent dans les gammes signalées par FAO (2026 a et b) et témoignent de conditions environnementales adaptées à leur élevage.

D'Agaro et Lanari (2001) ont évalué l'impact environnemental de l'élevage du bar européen en cages dans le nord de la mer Adriatique (Golfe de Trieste, Italie). Trois stations ont été étudiées: témoin, des cages équipées de barrières (installés sous les cages au fond) et des cages dépourvues de barrières. Les mesures ont été réalisées en surface ainsi qu'au fond (à 4 m et 8 m de profondeur). Le suivi s'est étendu sur une période allant de la fin du mois de Juin 2000 jusqu'au mois de Décembre 2001, afin d'évaluer les variations spatio-temporelles des paramètres environnementaux en relation avec l'activité aquacole.

D'Agaro et Lanari (2001) ont mis en évidence des variations entre les trois stations étudiées pour la température et la salinité. Concernant la température, la station témoin a enregistré une valeur moyenne de 16.9°C . Une légère augmentation a été observée au niveau des cages sans barrières, où la température a atteint 17°C , tandis que la station équipée de barrières a présenté une valeur similaire à celle de la station témoin (16.9°C). En ce qui concerne la salinité, la station témoin a affiché une valeur de 32.3 PSU, alors qu'une légère augmentation a été observée au niveau des cages sans barrières, avec une valeur de 32.8 PSU. En revanche, la station équipée de barrières a présenté une salinité nettement plus faible, atteignant 25.9 PSU (D'Agaro et Lanari, 2001).

La température et la salinité figurent parmi les variables environnementales les plus importantes qui régissent la distribution et le développement des organismes aquatiques (Bonacina et al., 2023 ; Duan et al., 2023). Ces deux variables peuvent présenter des

fluctuations importantes (Farias et al., 2024). Les écosystèmes aquatiques sont également confrontés aux variations de la conductivité électrique (Le et al., 2018).

Farias et al. (2024) ont signalé que les organismes aquatiques sont soumis à des variations de leur environnement externe, notamment aux fluctuations de la température et de la salinité. L'interaction entre ces deux facteurs environnementaux peut altérer la réponse physiologique des organismes aux variations de température, tandis que l'effet des changements de salinité peut, à son tour, être modulé par la température (Farias et al., 2024).

2. Sels nutritifs

Les concentrations des sels nutritifs ont présenté des variations spatiales et temporelles selon les stations d'échantillonnage et les périodes de prélèvement. Concernant les nitrites (NO_2^-), une légère augmentation a été observée au mois de Mars entre l'ouest des cages et leur sortie, les concentrations passant de 0.006 ± 0.0005 mg/L à 0.007 ± 0.001 mg/L. En revanche, au mois d'Avril, les concentrations en nitrites diminuent de l'ouest des cages (0.01 mg/L) vers leur centre (0.007 mg/L), puis demeurent stables jusqu'à la sortie des cages où une valeur de 0.007 ± 0.1 mg/L est également enregistrée (Figure 28). Ces résultats mettent en évidence une faible variabilité spatiale des concentrations en nitrites au sein de la zone d'étude.

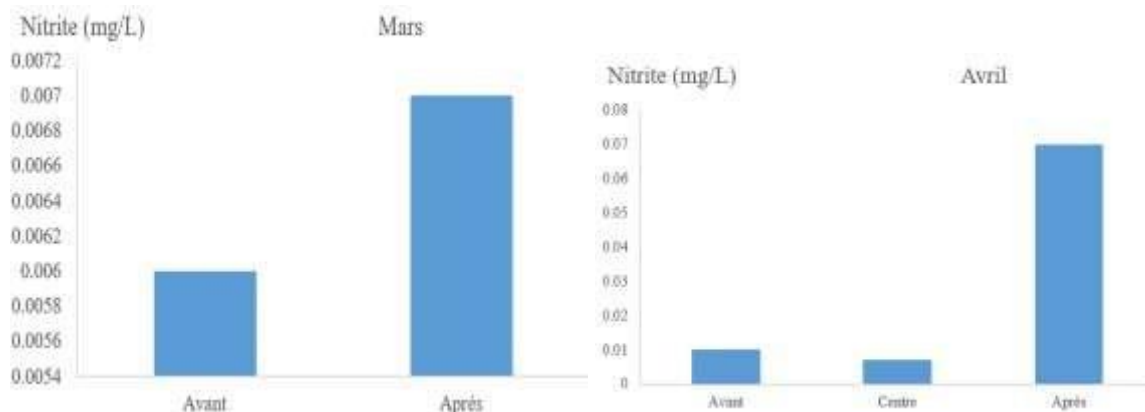


Figure 28. Variation des nitrites durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

Pour les nitrates (NO_3^-), les concentrations enregistrées au mois de Mars montrent une stabilité relative entre les différentes stations d'échantillonnage, avec une valeur de 0.06 ± 0.01 mg/L mesurée aussi bien à l'ouest qu'à la sortie des cages. En revanche, au mois d'Avril, une augmentation progressive des concentrations en nitrates est observée le long du gradient étudié. Les valeurs passent de 0.02 ± 0.01 mg/L à l'ouest des cages à 0.04 mg/L au centre, puis atteignent 0.2 ± 0.3 mg/L à la sortie des cages (Figure 29). Ces résultats mettent en évidence une variabilité spatiale plus marquée des nitrates au mois d'Avril comparativement au mois de Mars.

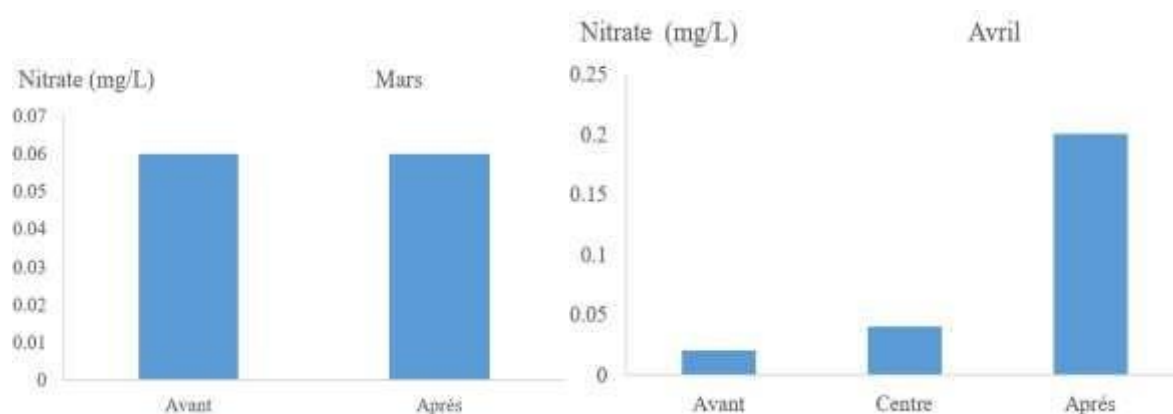


Figure 29. Variation des nitrates durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

Les concentrations l'ammonium (NH_4^+) mesurées au mois de Mars présentent une diminution progressive de l'ouest vers la sortie des cages, passant de 0.09 ± 0.01 mg/L à 0.05 ± 0.04 mg/L. En revanche, au mois d'Avril, une augmentation des concentrations est observée entre l'ouest des cages et leur centre, les valeurs passant de 0.05 ± 0.02 mg/L à 0.12 mg/L. Par la suite, une légère diminution est enregistrée vers la sortie des cages, où la concentration atteint 0.1 ± 0.08 mg/L (Figure 30). Ces résultats mettent en évidence une variabilité spatiale de l'ammonium au sein de la zone d'étude, avec des tendances différentes selon la période d'échantillonnage.

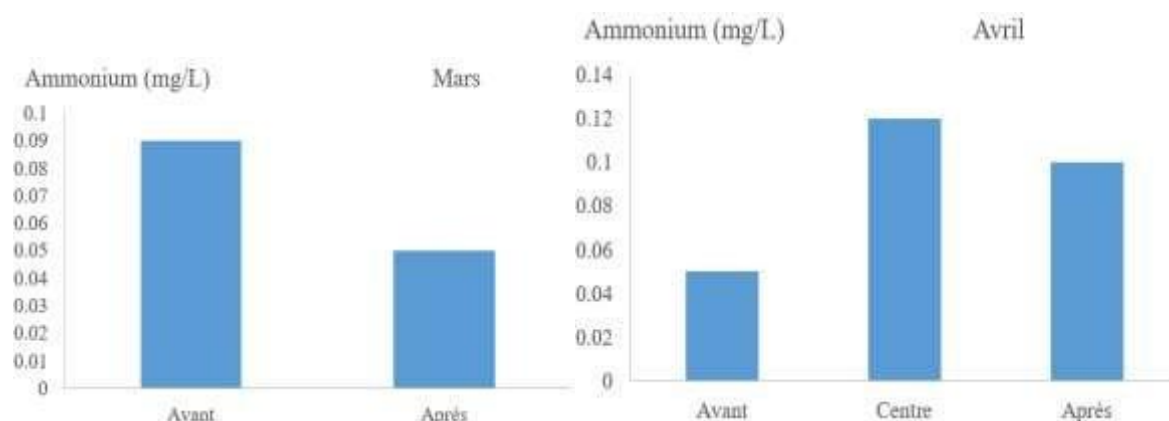


Figure 30. Variation de l'ammonium durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

Les valeurs des nitrites, nitrates et d'ammonium enregistrées au cours de cette étude se situent dans les intervalles recommandés par Barnabé (1989) et Ferra (2008). Elles sont conformes aux normes généralement admises pour la pisciculture marine et témoignent de conditions environnementales favorables au développement de ces deux espèces (daurade et bar).

Karakassis et al. (2001) ont étudié la variation des sels nutritifs dans les cages de dorade et de bar en méditerranée (Grèce) et ils ont montré une perte importante des sels nutritifs dans l'environnement sous forme de solutés. En Suède, pour l'élevage de truites, Hall et al. (1992) ont signalé que 48 % de l'azote apporté par l'alimentation des poissons est directement rejeté dans le milieu marin sous forme de solutés, et que 12 à 20 % s'accumule dans les sédiments.

Wu (1995) a estimé les pertes totales d'azote à 80 %, principalement sous forme d'ammoniac et d'urée provenant des excréments des poissons.

3. Chlorophylle a

Les concentrations en chlorophylle a ont présenté des variations spatiales et temporelles. Au mois de Mars, les valeurs demeurent relativement stables entre l'ouest et le centre des cages, avec une concentration de $0.001 \mu\text{g/L}$, puis augmentent à la sortie des cages pour atteindre $0.01 \mu\text{g/L}$. Au mois d'Avril, une légère diminution est observée de l'ouest des cages ($0.41 \pm 0.2 \mu\text{g/L}$) vers leur centre ($0.4 \mu\text{g/L}$), suivie d'une augmentation à la sortie des cages où la concentration atteint $0.7 \pm 0.5 \mu\text{g/L}$ (Figure 31). Par ailleurs, l'analyse globale des résultats met en évidence une augmentation marquée des concentrations en chlorophylle a entre les mois de Mars et d'Avril, la valeur moyenne passant de $0.004 \pm 0.009 \mu\text{g/L}$ à $0.5 \pm 0.4 \mu\text{g/L}$.

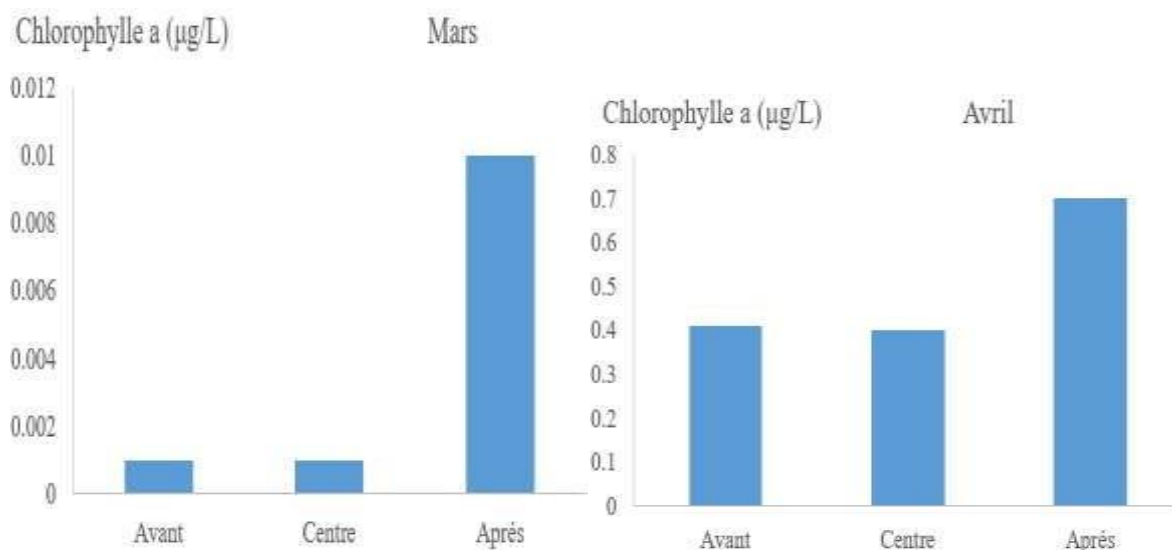


Figure 31. Variation de la chlorophylle a durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

Cravo et al. (2013) ont mis en évidence une relation positive entre la chlorophylle-a et les concentrations en sels nutritifs. L'enrichissement du milieu en nutriments favorise la croissance du phytoplancton et entraîne généralement une augmentation des concentrations de chlorophylle-a, faisant de ce pigment un indicateur pertinent de la productivité primaire et de l'état trophique des écosystèmes aquatiques. Par ailleurs, Gao et al. (2024) ont rapporté que la concentration de la chlorophylle-a est étroitement liée aux caractéristiques physico-chimiques du milieu, notamment la température, la salinité et la transparence de l'eau. Les variations de ces paramètres environnementaux influencent directement le développement et la biomasse phytoplanctonique, se traduisant par des fluctuations des teneurs en chlorophylle-a.

4. Densité et composition du phytoplancton

L'analyse qualitative et quantitative du phytoplancton a permis de recenser une quinzaine de taxons appartenant à quatre grands groupes : les diatomées (Bacillariophyceae), les dinoflagellés (Dinophyceae), les cyanobactéries (Cyanophyceae) et les chlorophycées/euglénophycées. Toutes espèces et stations confondues, est passée de 368

cellules/L au mois de Mars à 574 cellules/L au mois d'Avril, soit une augmentation globale de près de 56 %, concomitante à la hausse de température et à la baisse de salinité observées sur la même période.

La répartition spatiale des densités met en évidence un gradient marqué et constant entre l'entrée, le centre et la sortie des cages flottantes, observé aux deux périodes d'échantillonnage (Figure 32). Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au centre des cages (120 cellules/L au mois de Mars et 194 cellules/L au mois d'Avril), soit près du triple de la densité mesurée à l'entrée (48 cellules/L au mois de Mars et 68 cellules/L au mois d'Avril) et plusieurs fois celle observée à la sortie (16 cellules/L au mois de Mars et 25 cellules/L au mois d'Avril).

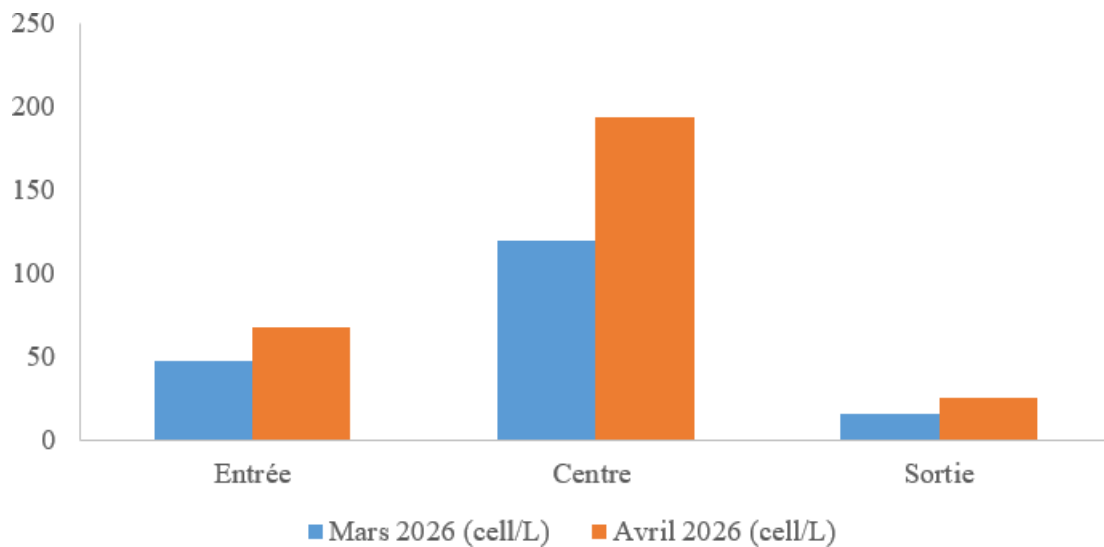


Figure 32. Variation de la biomasse phytoplanctonique durant les mois de mars 2026 et d'avril 2026.

Sur le plan qualitatif, les diatomées restent le groupe dominant aux deux périodes, mais leur pourcentage diminue légèrement (46.2 % au mois de Mars contre 44.3 % au mois d'Avril, du fait d'une progression encore plus marquée des chlorophycées et euglénophycées. Ce dernier groupe passe en effet de 29.9 % en mois de Mars à 38.7 % en mois d'Avril, une hausse portée essentiellement par *Euglena sp.* Les dinoflagellés demeurent globalement stables en proportion (15.8 % en mois de Mars à 11.1 % en mois d'Avril), tandis que les cyanobactéries enregistrent une légère progression (7.6 % en mois de Mars à 5.6 % en mois d'Avril traduisant une dynamique à surveiller dans la perspective d'un suivi prolongé.

Une différence notable entre les deux périodes concerne l'apparition de *Chlorococcum sp* au mois de Mars, espèce absente en mois d'Avril. Cette chlorophycée a été exclusivement

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

observée au niveau des stations périphériques, à l'entrée et à la sortie des cages, tout en restant absente du centre. Cette distribution particulière suggère une origine plutôt liée à l'hydrodynamisme côtier saisonnier et aux apports extérieurs qu'à l'enrichissement direct par l'activité d'élevage, contrairement à *Euglena sp* dont la distribution reste centrée au niveau des cages aux deux mois (Tableau 3).

Tableau 3. Composition du peuplement phytoplanctonique par groupe taxonomique

Groupe taxonomique	Mars 2026 (cell/L)	Mars 2026 (%)	Avril 2026 (cell/L)	Avril 2026 (%)	Évolution
Diatomées (Bacillariophyceae)	170	46.2	254	44.3	Hausse
Chlorophycées / Euglénophycées	110	29.9	222	38.7	Forte hausse
Dinoflagellés	58	15.8	64	11.1	Stable
Cyanobactéries	28	7.6	32	5.6	Légère hausse
Autres	2	0.5	2	0.3	Stable
Total	368	100	574	100	

La dominance des diatomées observée dans cette étude est conforme aux tendances généralement rapportées dans les zones d'aquaculture marine en Méditerranée, où ce groupe constitue habituellement la composante majoritaire du phytoplancton en raison de sa capacité à exploiter rapidement les apports en sels nutritifs issus des activités d'élevage (Karakassis et al., 2001). L'augmentation conjointe des diatomées et de la température de l'eau entre les deux mois est par ailleurs cohérente avec leur optimum thermique habituellement plus élevé que celui des espèces hivernales.

La présence récurrente et croissante d'*Euglena sp* au niveau du centre des cages, espèce habituellement associée aux milieux riches en matière organique, conforte l'hypothèse d'un enrichissement organique localisé et persistant, en cohérence avec les observations de Beveridge (2004) et de la FAO (2020) concernant l'accumulation des rejets organiques sous les structures d'élevage. La progression marquée de cette espèce entre les deux mois, parallèle à celle de la chlorophylle a, reflète une stimulation de la production primaire favorisée à la fois

par le réchauffement saisonnier et par l'apport continu de matière organique d'origine aquacole.

La légère progression des cyanobactéries telles qu'*Oscillatoria sp* et *Anabaena sp* entre les deux mois, bien que restées minoritaires, mérite une attention particulière. Ces genres sont en effet susceptibles de proliférer en cas d'enrichissement prolongé du milieu en azote et en phosphore (Odum, 1971), et pourraient constituer un indicateur précoce d'éventuelles tendances à l'eutrophisation si leur abondance relative venait à s'accroître au cours d'un suivi prolongé sur plusieurs saisons.

Globalement, malgré la hausse sensible de densité entre les deux mois, les valeurs enregistrées demeurent compatibles avec les concentrations en chlorophylle *a* mesurées par ailleurs restent dans des proportions ne traduisant pas de phénomène de prolifération algale incontrôlée ou d'eutrophisation marquée au niveau du site d'étude. La constance du gradient entrée–centre–sortie et la richesse persistante du compartiment de fond, observées aux deux mois, rejoignent les conclusions de Wu (1995) et de la FAO (2020), selon lesquelles l'impact de l'activité aquacole sur la composition phytoplanctonique reste, dans des conditions d'hydrodynamisme favorable, localisé à l'immédiate proximité des cages et ne s'étend pas significativement au milieu environnant.

CONCLUSION

Conclusion générale

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'impact de l'activité aquacole marine sur certains paramètres environnementaux au niveau de la région de Beni Haoua, dans le golfe de Chlef. Cette approche a permis d'apprécier l'état de la qualité des eaux autour des cages flottantes destinées à l'élevage du bar européen (*Dicentrarchus labrax*) et de la daurade royale (*Sparus aurata*), à travers l'analyse de paramètres physicochimiques, des sels nutritifs et de la chlorophylle a.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des variations spatiales et temporelles des paramètres étudiés entre les différentes stations d'échantillonnage et les périodes de prélèvement. Les valeurs du pH, de la température, de la salinité et de la conductivité ont présenté des fluctuations modérées, reflétant à la fois l'influence des conditions naturelles du milieu marin et celle de l'activité aquacole. Toutefois, l'ensemble des valeurs enregistrées est demeuré dans les limites recommandées pour l'élevage des espèces étudiées.

L'étude des sels nutritifs a révélé des concentrations relativement faibles en nitrites, nitrates et ammonium, avec quelques variations locales observées autour des cages. Ces résultats suggèrent que les rejets liés à l'activité d'élevage n'ont pas entraîné d'enrichissement excessif du milieu en éléments nutritifs durant la période d'étude. De même, les concentrations de chlorophylle a sont restées globalement faibles à modérées, indiquant une productivité phytoplanctonique limitée et l'absence de phénomènes d'eutrophisation susceptibles de perturber l'équilibre écologique du milieu. Pour le phytoplancton, les résultats obtenus montrent une dynamique phytoplanctonique influencée par l'activité aquacole, se traduisant par une hausse de densité de 56 % entre les deux mois et une accumulation marquée au centre des cages.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus montrent que l'activité aquacole pratiquée dans la zone étudiée exerce un impact environnemental faible à modéré sur la qualité des eaux marines. Les paramètres mesurés témoignent d'un environnement encore favorable au développement des organismes élevés ainsi qu'au maintien du bon fonctionnement de l'écosystème côtier.

Néanmoins, cette étude représente une évaluation réalisée sur une période relativement courte et limitée à certaines composantes environnementales. Afin d'obtenir une vision plus complète de l'impact de l'aquaculture marine, il serait souhaitable de poursuivre les suivis sur une période plus longue couvrant l'ensemble des saisons, d'intégrer l'étude détaillée des communautés phytoplanctoniques et zooplanctoniques, ainsi que l'analyse des sédiments et de la biodiversité benthique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO), Brest, France.
- APS. (2021). Articles relatifs au développement de l'aquaculture en Algérie. Agence Presse Service, Algérie.
- Bardach, J. E., Ryther, J. H., & McLarney, W. O. (1972). Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. Wiley-Interscience, New York.
- Barnabé, G. (1989). Aquaculture. Paris : Lavoisier Tec & Doc, pp. 675–716.
- Barnabé, G. (1990). Aquaculture, Volume 2. Lavoisier, Paris, France.
- Beveridge, M. C. M. (2004). Cage Aquaculture (3rd ed.). Blackwell Publishing, Oxford.
- Bonacina, L., Fasano, F., Mezzanotte, V., & Fornaroli, R. (2023). Effects of water temperature on freshwater macroinvertebrates: a systematic review. *Biological Reviews*, 98, 191–221.
- Botes, L. (2001). Phytoplankton Identification Catalogue. Global Ballast Water Management Programme, South Africa, 88 p.
- Boudjenah, M. (2019). Étude de la composition et de l'évolution de la biodiversité des peuplements phytoplanctoniques de la côte algérienne (mer d'Alboran et bassin algérien) et influence des zones d'enrichissement. Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.
- Chalabi, A. (2002). Aquaculture et environnement. Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.
- CNRDPA. (2023). Rapport annuel du Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.
- Cravo, A., Relvas, P., Cardeira, S., & Rita, F. (2013). Nutrient and chlorophyll a transports during an upwelling event in the NW margin of the Gulf of Cadiz. *Journal of Marine Systems*, 128, 208–221.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dadi S. (2002). Contribution à l'étude des populations phytoplanctoniques de la région d'Alger au cours de l'automne 1999, Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique. I.S.M.A.L. Alg. 79p.
- D'Agaro, E., & Lanari, D. (2006). Environmental impact of sea bass cage farming in the north Adriatic Sea. *Italian Journal of Animal Science*, 5(2), 165–174.
- Duan, C., Yang, M., Wang, Q., Xue, J., Yuan, L., & Wu, H. (2023). Impacts of salinity stress caused by ballast water discharge on freshwater ecosystems. *Regional Studies in Marine Science*, 65, 103079.
- El Mawkie. (2026). Données relatives à la production aquacole de la wilaya de Chlef.
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO. (2026a). *Cultured Aquatic Species Information Programme: Dicentrarchus labrax*.
- FAO. (2026b). *Cultured Aquatic Species Information Programme: Sparus aurata*.
- Farias, L., Beszteri, B., Castellanos, A. M. B., Doliwa, A., Enss, J., Feld, C. K., Grabner, D., Lampert, K. P., Mayombo, N. A. S., Prati, S., Schürings, C., Smollich, E., Schafer, R. B., Sures, B., & Le, T. Y. (2024). Influence of salinity on the thermal tolerance of aquatic organisms. *Science of the Total Environment*, 953, 176120.
- Ferra, C. (2008). *Aquacultures*. Paris : Buibert, 327 p.
- Gao, S., Shi, Y., Zhang, S., & Gao, C. (2024). Temporal and spatial variation patterns of chlorophyll a in marine ranching under global interannual events. *Marine Environmental Research*, 202, 106760.
- Hall, P. O. J., Holby, O., Kollberg, S., & Samuelsson, M. O. (1992). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. *Marine Ecology Progress Series*, 89, 81–91.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Illoul, H. (1991). Contribution à l'étude qualitative, quantitative et structurale des populations phytoplanctoniques au large du Cap Caxine (Région Algéroise). Mémoire de Magister, ISMAL, Alger, 214 p.

Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., & Pitta, P. (2001). Diel variation of nutrients and chlorophyll in sea bream and sea bass cages in the Mediterranean. *Fresenius Environmental Bulletin*, 10(3), 278–283.

Lampert, W., & Sommer, U. (2001). *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. Oxford University Press, New York.

Le, T. D. H., Kattwinkel, M., Schützenmeister, K., Olson, J. R., Hawkins, C. P., & Schäfer, R. B. (2018). Predicting current and future background ion concentrations in German surface water under climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374, 20180004.

Masson, N. (2015). Observation et dénombrement du phytoplancton marin par microscopie optique photonique-Spécifications techniques et méthodologiques appliquées au REPHY. Document de méthode.

MEER/INCT. (2023). Données nationales relatives au potentiel aquacole algérien.

MPRH. (2021). Rapport sur le développement de l'aquaculture en Algérie. Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology* (3rd ed.). Saunders, Philadelphia.

Pillay, T. V. R., & Kutty, M. N. (2005). *Aquaculture: Principles and Practices* (2nd ed.). Blackwell Publishing.

Rossi, N. (2008). Écologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers. Thèse de Doctorat, Université du Sud Toulon-Var, France.

Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9, 1–38.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

World Bank. (2013). Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. Washington, DC.

WoRMS Editorial Board. World Register of Marine Species.

Wu, R. S. S. (1995). The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin*, 31, 159–166.

Webographie

CNRDPA (2023). Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA). Portail cartographique de l'aquaculture marine en Algérie. Disponible sur : <https://www.cnrdpa.dz> (consulté le 22 juin 2026).

FAO (2022). FishStatJ – Fisheries and Aquaculture Statistics Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible sur : <https://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj> (consulté le 22 juin 2026).

University of Washington. (2017). Making Aquaculture Sustainable. Disponible sur : <https://smea.uw.edu> (consulté le 22 juin 2026).

World Register of Marine Species (WoRMS). Disponible sur : <https://www.marinespecies.org> (consulté le 22 juin 2026).

www.cnrdpa.dz

This certificate is proudly presented to:

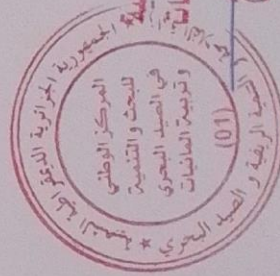
Senouci Zoubida, Bouzeraa Mohamed Amine, Meslem Nabila, Chabet dis Chalabia

Participated in the

World Ocean Day (CNRDPA, 08 June 2026)

And presented the poster:

Diversity, identification, and characterization of phytoplankton strains in Chlef region



Director

مدير المركز الوطني للبحث والتطوير في الصيد البحري و ترسيمة المائيات

