

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 دالي إبراهيم الجزائر العاصمة

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral Dély Ibrahim

D'Alger



**Mémoire de projet de fin d'études En vue de l'obtention du
diplôme D'Ingénieur D'Etat en sciences de la mer**

OPTION : INGÉNIERIE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN ET COTIER

Thème

Estimation de la contamination par certains métaux
lourds au niveau de la chair d'un poisson d'élevage :
Cas de la daurade *Sparus aurata* élevée dans la wilaya
d'Alger Ain Taya.

Présenté par :

BOUKARINE MOHAMED KENZY

MENDJHI ZAKARIA

Soutenu le 07 /07/2025, devant le jury composé de :

Mme GHEZALI Katia	MCB	ENSSMAL	Présidente
Mme BENTEBBA AICHA	MAA	ENSSMAL	Examinatrice
Mme KHELASSI Amina	MCB	ENSSMAL	Promotrice

2024-2025

Dédicace

Nous dédions ce travail à toutes celles et ceux qui ont contribué à notre parcours, de près ou de loin.

À ma mère,

Je ne serais pas ici sans toi.

À mon père,

Pour ses sacrifices, ses prières et sa présence silencieuse mais énorme.

À mes frères,

Pour leur force, leur soutien et leurs encouragements.

À mes amis,

Pour leur écoute, leur bienveillance et leur motivation.

À toutes les personnes qui ont cru en nous et nous ont inspirés à persévérer.

Enfin, à tous les étudiants et personnels de l'école, en espérant que ce travail puisse modestement nourrir le savoir.

Dédicace

Ce travail modeste est dédié à toutes les personnes qui, directement ou indirectement, ont soutenu notre parcours académique et personnel.

À ma chère mère,

Ton amour inconditionnel et ta sagesse ont toujours été mon phare dans l'obscurité. Merci pour ta patience, ton soutien et ta tendresse infinie.

À mon père bien-aimé,

Ta force et ta confiance en moi m'ont donné le courage d'avancer. Ce travail est le fruit de ton exemple et de ton encouragement constant.

À mes frères et sœurs,

WALID, OMAR, ABD RAHIM, HADJER SF, ZAHRA

Merci pour votre complicité, votre soutien et votre présence précieuse dans chaque étape de ma vie.

À ma famille élargie,

Votre amour et vos conseils m'ont toujours porté. Que ce succès soit aussi le vôtre.

À mes amis fidèles,

MOHA, YAHIA, MEHSES, RAMI, ILYES, OUSSAMA, MEHDI, MONCEF, FARES.

Votre amitié sincère a été un véritable moteur. Merci d'avoir partagé mes joies et mes défis.

À tous ceux qui m'ont accompagné sur ce chemin,

Recevez ma profonde gratitude.

ZAKARIA

Remerciements

Louange à Dieu, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la persévérance et la patience nécessaires à l'aboutissement de ce travail. Ce mémoire représente l'aboutissement de plusieurs mois d'efforts, de recherches et de collaboration, et nous tenons ici à exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à sa réalisation.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre directrice de mémoire, **Madame KHELASSI Amina**, pour sa disponibilité constante, sa bienveillance, ses conseils éclairés et son accompagnement tout au long de ce projet. Sa rigueur scientifique, son professionnalisme et son écoute ont été d'un apport inestimable pour l'avancement et la qualité de ce travail.

Nous remercions chaleureusement les **membres du jury**, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire.

Nos remerciements vont également à **Monsieur ZERROUKI**, chef du département, pour son implication, sa disponibilité et sa gestion exemplaire, qui ont créé un cadre de travail propice à l'épanouissement et à la réussite.

Nous exprimons également notre gratitude à **Monsieur Aït Kaci Malik** ainsi qu'à **Madame Faiza** pour leur aide précieuse et leurs conseils techniques apportés lors de notre passage au laboratoire de l'**ENSSMAL**.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel enseignant et administratif, pour leur soutien, leur gestion rigoureuse et leur engagement constant envers les étudiants.

Enfin, nous exprimons du fond du cœur notre gratitude à nos **familles respectives** et à nos **amis**, pour leur soutien moral indéfectible, leurs encouragements et leur présence bienveillante tout au long de ce parcours.

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degrés Celsius

AFNOR : Association Française de Normalisation.

Cd: Cadmium.

Cm: Centimeters

Co: Cobalt.

CT : Classe de Taille

Cu : cuivre.

DO : Densité optique

E : Est

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Fe : Fer

g : Gramme

Hg : Mercure

HNO₃ : Acide nitrique

Kg : kilogramme.

Km : kilomètre.

m : Mètre

m³ : Mètre cube

mg : Milligramme

ML : Métaux lourds

ml : Millilitre

mm : Millimètre

Mn : Manganèse.

N : Nord

Ni : Nickel.

ONM : Office Nationale de Météo

PAM : Plan d'action pour la méditerranée

Liste des abréviations

Pb : Plomb.

PEHD : Polyéthylène haute densité

pH : Potentiel hydrogène

S.A.A : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

Zn : Zinc

µg : Microgramme

Liste de figures

Figure 1: Classification périodique des éléments métalliques analysée (LENNETCH, 1993).	13
Figure 2: Cycle biogéochimique des métaux lourds (AIT ZIANE ET BOUYAHIA, 2012) ..	17
Figure 3: Les types de dorade en niveau mondiale (ADAMA, 2020).	26
Figure 4: schéma de la morphologie de la daurade. (NEMOUS et NECHNICHE, 2022).....	28
Figure 5 : Cycle de reproduction de la Daurade Systèmes extensif (FAO, 2014).	30
Figure 6: Cycle de reproduction de la Daurade Systèmes intensifs (FAO, 2014).....	31
Figure 7: carte de la plage Surcouf de la commune Ain Taya réalisée avec Arc GIS	46
Figure 8: Histogramme des températures mensuelles (min, moyenne, max) à Surcouf (Aïn Chorb) 2004-2024 (ONM, 2024)	47
Figure 9: Lyophilisation de modèle Christ.....	51
Figure 10: Mortier avec pilon en porcelaine	52
Figure 11: les étapes de minéralisation	53
Figure 12: Spectrophotométrie d'absorption atomique	54
Figure 13 : comparaison de la concentration du, Zn avec leurs norme correspondantes	59
Figure 14: comparaison de la concentration du, Cu avec leurs norme correspondantes	60
Figure 15: comparaison de la concentration du, Ni avec leur norme correspondante	61
Figure 16: comparaison de la concentration du, Mn avec leurs norme correspondantes	62
Figure 17: comparaison de la concentration du, Cd avec leurs norme correspondantes	63
Figure 18: comparaison de la concentration du, Pb avec leurs norme correspondantes	64
Figure 19: Les étapes prélèvement, dissection, lyophilisation ; broyage, minéralisation	i
Figure 20: Droites d'étalonnage des métaux lourds analysés.....	iv

Liste des tableaux

Tableau 1: Les origine anthropiques de quelques métaux lourds dans l'environnement (ALI et al., 2013)	16
Tableau 2: Présentation détaillée des métaux	20
Tableau 3: Valeurs limites maximales autorisées dans les rejets industriels	21
Tableau 4: La classification scientifique détaillée de la dorade royale (LINNAEUS, 1758).	26
Tableau 5: Quantité alimentaire chez la dorade royale (MPECHE, 2022).	34
Tableau 6: Les concentrations des solutions de zinc	59
Tableau 7: Les concentrations des solutions de Cuivre	59
Tableau 8: Les concentrations des solutions de Nickel	60
Tableau 9: Les concentrations des solutions de Manganèse.....	61
Tableau 10: Les concentrations des solutions de Cadmium	63
Tableau 11: Les concentrations des solutions de Plomb	64
Tableau 12:les concentrations mesurées avec leurs normes AFNOR correspondantes.....	65
Tableau 13:Gammes étalons des métaux lourds analysés	ii

Table des matières

Liste des abréviations.....	v
Liste de figures.....	vii
Liste des tableaux	viii
Introduction générale.....	2
Chapitre I : La pollution marine par les métaux lourds.....	5
I. Généralités sur la pollution marine par les métaux lourds.....	5
I.1 Définition de la pollution marine :.....	5
I.1.1 La pollution marine en Algérie :	6
I.1.2 Activités génératrices et évolution :.....	6
I.1.3 La pollution marine à Ain Taya :	6
I.2 Origine de la pollution	7
I.2.1 Pollution domestique :	7
I.2.2 Pollution industrielle :.....	7
I.2.3 Pollution Agricole :.....	8
I.2.4 Pollution naturelle :.....	8
I.3 Les différents types de pollution marine	8
I.3.1 Pollution physique :.....	8
I.3.2 La pollution par les déchets :.....	8
I.3.3 Pollution biologique :	9
I.3.4 La pollution microbiologique :.....	9
I.3.5 Pollution chimique :	9
I.3.6 La pollution marine par les hydrocarbures liée au trafic maritime :.....	9
I.3.7 La pollution radioactive :	10
I.3.8 La pollution par les rejets agricoles :.....	11
I.3.9 La pollution sonore :	11
I.4 Impact de pollution des eaux.....	11
I.4.1 Impact sur la faune et la flore aquatiques :	11
I.4.2 Impact sur la santé humaine :	11
I.5 La pollution par les métaux lourds :.....	12

I.6	Généralités sur les métaux lourds	12
I.6.1	Définition :	12
I.6.1.1	Rôle des métaux lourds :	13
I.6.1.2	Importance biologique :	14
I.6.2	Classification des métaux lourds :	14
I.6.2.1	Les métaux essentiels :	14
I.6.2.2	Les métaux toxiques :	15
I.6.3	L'origine des métaux lourds :	15
I.6.3.1	Origine naturelle :	15
I.6.3.2	Origine anthropique :	15
I.6.4	Cycle des métaux dans l'environnement :	16
I.6.5	Effets des métaux lourds	18
I.6.5.1	Effets des métaux lourds sur la vie aquatique :	18
I.6.5.2	Effets des métaux lourds sur la santé humaine :	18
I.6.6	Toxicité	18
I.6.7	Présentation détaillée des métaux	20
I.6.8	Normes de rejet :	21
	Chapitre II : La daurade royale (<i>Sparus aurata</i>)	23
II.	La daurade royale (<i>Sparus aurata</i>)	23
II.1	Présentation de l'espèce :	23
II.1.1	Généralités :	23
II.1.2	Origine de nom :	23
II.1.2.1	Origine du nom français :	23
II.1.2.2	Origine du nom scientifique :	24
II.1.3	Étymologie détaillée :	24
II.1.4	Synonymes :	24
II.1.5	Appellation locale dans d'autres zones :	25
II.1.6	Les types de dorade en niveau mondiale :	25
II.1.7	La classification scientifique détaillée de la dorade royale :	26
II.1.8	Morphologie :	26
II.1.9	Habitat :	28
II.1.10	Croissance :	28
II.1.11	Régime alimentaire :	29
II.1.12	Reproduction et cycle de développement :	29

II.1.12.1 Adaptations physiologiques :.....	31
II.1.13 Méthodes de différenciation :.....	31
II.1.13.1 Daurade sauvage / Daurade d'élevage :	31
II.1.13.2 Analyse morphologique :	32
II.1.13.3 Analyse biochimique :.....	32
II.1.13.4 Autres méthodes :.....	33
II.1.14 Techniques d'élevage, structures et caractéristiques :.....	33
II.1.14.1 Caractéristiques biologiques et économiques et alimentaires de la dorade royale (<i>Sparus aurata</i>) :.....	33
II.1.14.2 Structures d'élevage :.....	34
II.1.14.3 Modes d'élevage :	35
II.1.15 L'aquaculture intensive :	36
II.1.15.1 Elevage dans les cages :.....	36
II.1.15.2 Empoisonnement des cages Les paramètres zootechniques :.....	36
II.2 Bioaccumulation des métaux lourds :.....	37
II.2.1 Mécanismes généraux :.....	37
II.2.1.1 Assimilation :	37
II.2.1.2 Bioconcentration :	38
II.2.1.3 Bioamplification :	38
II.2.2 Facteurs influençant la bioaccumulation :.....	39
II.3 Impact de l'élevage de poissons sur leur contamination :	39
II.3.1 Sources de contamination de l'élevage :.....	39
II.3.2 Modulation de la bioaccumulation :.....	39
II.4 Études antérieures de contamination de <i>S. aurata</i> :	40
II.4.1 Revue des travaux et principaux résultats :.....	40
II.5 Impact connu du changement climatique :.....	40
Chapitre III : Zone d'étude	43
III. Zone d'étude	43
III.1 Critères de choix des stations de prélèvement :.....	43
III.2 Caractéristiques de la ferme :	44
III.3 Localisation géographique précise :	45
III.4 Climatologie :.....	46

III.5	Précipitations :.....	47
III.6	Régime des vents :	47
III.7	Réseau hydrographique :.....	47
III.8	Bassins versants associés :	48
III.9	Régime hydrologique :	48
Chapitre IV : Matériel et méthode		50
IV.	Travaux effectués sur terrain :.....	50
IV.1	Prélèvement :	50
IV.2	Travaux effectués au laboratoire :	50
IV.2.1	Conditionnement du matériel utilisé :.....	50
IV.3	Prétraitement des échantillons :.....	50
IV.4	Traitement des échantillons :.....	51
IV.4.1	Lyophilisation :	51
IV.4.2	Broyage :	51
IV.4.3	Analyse des métaux lourds :.....	52
IV.4.3.1	Extraction des métaux lourds :	52
IV.4.3.2	Principe de la digestion ou de « la minéralisation » :.....	52
IV.4.3.3	Le protocole expérimental :.....	52
IV.4.3.4	Minéralisation des échantillons :	52
IV.4.3.5	Minéralisation à blanc :	53
IV.4.3.6	Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) :	53
IV.4.3.7	Principe de la SAA :	54
IV.4.3.8	Equipement d'un SAA :.....	55
IV.4.4	Dosage des échantillons :	55
IV.4.5	Mode de calcul :.....	56
Chapitre V : Résultats et discussions.....		58
V.	Dosage des métaux lourds :	58
V.1	Dosage des métaux lourds essentiels.....	58
V.1.1	Le Zinc :	58
V.1.2	Le Cuivre :	59
V.1.3	Le Nickel :	60

Sommaire

V.1.4 Le Manganèse :	61
V.2 Dosage des métaux lourds toxiques :	63
V.2.1 Le Cadmium :	63
V.2.2 Le Plomb :	64
Conclusion.....	67
Bibliographie.....	69
Annexes	i
<i>Résumé</i>	i

Introduction

générale

Introduction générale

Le poisson occupe une place centrale dans l'alimentation humaine pour ses richesses en protéines et vitamines et sa valeur biologique et économique en plus de sa contribution en micronutriments tels que l'iode, le phosphore, le potassium, plusieurs vitamines notamment vitamine D et les acides gras polyinsaturés omega-3. La consommation régulière de poisson est associée à des bénéfices nutritionnels majeurs, notamment dans le développement neurologique et la prévention des maladies cardiovasculaires (GIRARDET, 2016).

Plusieurs facteurs peuvent influencer la composition nutritionnelle des poissons, comme le régime d'alimentation, la saison, le lieu et stade de vie en plus de l'âge. Les éléments nutritifs varient chez les poissons sauvages même au sein d'une même espèce. Chez les poissons d'élevage, la teneur des éléments est influencée par leur régime d'alimentation. (FAO,2013).

La daurade royale présente une grande importance halieutique et aquacole, en Algérie et même sur tout le pourtour méditerranéen. Plusieurs études ont été consacrées sur sa croissance, sa reproduction, son régime alimentaire et l'environnement de son élevage. (CHEBEL, 2018)

Le suivi des métaux lourds dans les systèmes aquatiques est essentiel pour protéger les écosystèmes et la santé humaine, car ces polluants toxiques s'accumulent dans la chaîne alimentaire et provoquent des effets néfastes tels que des troubles neurologiques et des perturbations écologiques. Ce suivi permet d'identifier les sources de contamination et d'adopter des mesures de gestion adaptées, tout en fournissant des données fiables pour orienter les politiques environnementales. (BENKIDAD et al.,2011).

Plusieurs études menées sur les côtes algériennes ont mis en évidence la présence de ces contaminants dans les organismes aquatiques et les sédiments, soulignant la nécessité d'un suivi rigoureux de la qualité environnementale et sanitaire des produits issus de l'aquaculture (DERBAL et al., 2022).

Cette étude s'intéresse à la situation environnementale de la région côtière d'Ain Taya, située à l'Est d'Alger, une zone soumise à une pression anthropique significative en raison de l'urbanisation rapide et de la concentration d'activités portuaires et industrielles. Ce contexte favorise l'introduction de polluants métalliques dans le milieu aquatique. Des investigations récentes ont mis en évidence la présence de métaux lourds dans les eaux et les sédiments de la région, ainsi que leur accumulation dans les organismes aquatiques, notamment les poissons d'élevage tels que *Sparus aurata*. La défaillance des infrastructures d'assainissement, notamment l'existence de rejets d'eaux usées à ciel ouvert dans certains quartiers, accentue la

contamination des écosystèmes marins et constitue une menace réelle pour la santé publique (BEN SACI et al., 2022).

Les métaux lourds consistent une partie majeure dans la pollution de l'environnement. Même si certains entre eux sont essentiels à la vie, mais a forte concentration ils peuvent avoir des graves effets sur la santé.

Cette étude a pour but la quantification des métaux lourds qui peuvent s'accumuler dans la chair d'une daurade élevé dans la ferme aquacole située à Ain Taya.

L'objectif principal de cette étude vise à évaluer les niveaux de contamination en métaux tels que le plomb, cadmium, zinc, nickel, manganèse et cuivre dans la chair comestible de daurade d'élevage locale. Une comparaison avec les seuils réglementaires en vigueur permettra d'estimer les risques sanitaires liés à leur consommation et d'évaluer la pollution par les métaux à AinTaya.

Dans ce cadre, une campagne d'échantillonnage a été réalisée au sein de cette ferme aquacole. Les concentrations en métaux dans les tissus musculaires des daurades ont été déterminées à l'aide de la spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

Les résultats de cette recherche offriront un éclairage inédit sur la contamination par les métaux lourds affectant une production aquacole marine à fort enjeu économique pour la région. Elle contribuera également à une meilleure compréhension de l'impact des métaux lourds sur l'écosystème marin côtier d'Alger.

Ce travail est organisé comme ce suit :

Une partie théorique qui comporte trois chapitres, le premier et le deuxième présentent des généralités sur la pollution marine par les métaux lourds et les caractéristiques de quelques métaux en plus de la présentation de l'espèce étudié. Ensuite, un troisième chapitre réservé pour la description complète de zone d'étude, la baie de Ain Taya de la wilaya D'Alger, en fournissant des informations essentielles sur son environnement, sa géographie et autres caractéristiques distinctives.

Après, une partie expérimentale dans laquelle on présente le matériel et les méthodes utilisées pour les différentes analyses effectuées suivi par les résultats et leurs interprétations et on termine avec une conclusion générale.

Chapitre I :
***La pollution
marine par les
métaux lourds***

Chapitre I : La pollution marine par les métaux lourds

I. Généralités sur la pollution marine par les métaux lourds

I.1 Définition de la pollution marine :

Le terme « pollution » désigne les altérations défavorables de l'environnement naturel, résultant entièrement ou partiellement des activités humaines. Ces perturbations peuvent se traduire par des effets directs ou indirects sur les niveaux de radiation, la composition physico-chimique du milieu naturel, ainsi que sur la répartition et l'abondance des espèces vivantes (KOLLER, 2004).

Quant à la pollution marine, elle se caractérise par l'introduction, volontaire ou accidentelle, de substances, de déchets ou d'énergie — y compris les nuisances sonores d'origine anthropique — dans le milieu marin. Ces intrusions peuvent engendrer des effets néfastes sur les écosystèmes et les organismes marins, menant à une réduction de la biodiversité, à des risques sanitaires pour les populations humaines, à des entraves aux activités économiques maritimes telles que la pêche, le tourisme et la navigation, à une dégradation de la qualité des eaux, ainsi qu'à une perte de la valeur esthétique et récréative de l'environnement marin (GOEURY, 2014).

La pollution marine, phénomène aux conséquences alarmantes, constitue désormais un enjeu environnemental majeur à l'échelle mondiale, avec des risques particulièrement élevés dans certaines régions. La mer Méditerranée, par exemple, se distingue par sa vulnérabilité accrue en raison de sa configuration semi-fermée, le renouvellement de ses eaux s'effectue sur près de 80 ans (ABOUSAMRA, 2003).

Cette lenteur implique qu'une goutte d'eau polluée mettrait environ huit décennies à être remplacée par une goutte d'eau pure ABDELMAN, (1990), favorisant ainsi l'accumulation durable des polluants et exacerbant les impacts écologiques, sanitaires et économiques.

Malheureusement ce n'est qu'au ces dernières périodes que les scientifiques ont commencé à bien analyser, comprendre et combattre l'impact de la pollution sur cet habitat aquatique.

La convention de **Londres**, ratifiée en 1975 par les Etats Unis présente le premier accord international a la lutte contre la pollution et l'unissions pour la protection du milieu marin.

Dans le milieu marin, les polluants peuvent suivre différents trajets, soit ils coulent dans la colonne d'eau aux profondeurs de l'océan où flottent loin de leur source d'origine. Certains polluants sont dégradés très rapidement par des réactions chimiques, sous l'effet de la lumière, ou encore grâce à l'intervention des microorganismes (biodégradation).

D'autres polluants, tels que les métaux lourds (mercure, cadmium, chrome) et d'autres substances chimiques toxiques, sont persistants et contaminent durablement les écosystèmes marins. Ils peuvent persister dans l'eau, s'accumuler dans les sédiments, ou être absorbés par les organismes vivants, en s'intégrant progressivement aux chaînes alimentaires et provoquant des effets toxiques à court ou long terme. Ces contaminants affectent notamment le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques et respiratoires (BOUHADIBA, 2011) et (ANSES, 2020).

I.1.1 La pollution marine en Algérie :

Les zones côtières algériennes récitent une pollution terrestre majeure avec 90% de ses apports d'origine tellurique transitant par les réseaux fluviaux et les rejets directs dans des baies urbanisées, comme celle d'Alger (KACEMI, 2006).

I.1.2 Activités génératrices et évolution :

Le littoral algérien subit une contamination chimique et microbiologique croissante liée aux rejets domestiques, industriels, agricoles et aux activités pétrolières offshore, une situation qui s'est détériorée de manière significative depuis des décennies (BAGHDAD et al., 2015). Une étude évaluant le risque écologique des métaux lourds (Zn, Cu, Mn, Fe, Ni, Cr, V, As, Pb, Cd, Co) a été menée sur 51 stations couvrant les zones de pêche chalutables du pays.

Les résultats révèlent une pollution métallique globalement faible, avec l'arsenic (As) identifié comme principal contaminant. Cependant, les concentrations en nickel (Ni), chrome (Cr) et arsenic (As) excèdent les seuils recommandés pour la qualité des sédiments marins (plage d'effet faible), selon les normes internationales (TALBI et KACHI, 2019).

I.1.3 La pollution marine à Ain Taya :

La plage de Surcouf, située dans la commune d'Aïn Taya à l'Est d'Alger, fait face à une dégradation environnementale préoccupante due à plusieurs sources de pollution d'origine anthropique. Autrefois réputée pour son cadre naturel et sa fréquentation touristique, la plage est aujourd'hui menacée par une accumulation de rejets polluants qui compromettent la santé publique et les équilibres écologiques marins.

Premièrement, le réseau d'assainissement de la localité est défaillant. Un projet de réhabilitation, lancé en 2022, est resté inachevé, ce qui a entraîné des débordements d'eaux usées dans les rues et jusqu'à la plage. Cette situation crée un environnement insalubre pour les habitants et dégrade significativement la qualité des eaux côtières (KHAROUM, 2022).

Deuxièmement, la zone industrielle de Rouïba, située à proximité, est identifiée comme une source majeure de pollution industrielle. Plusieurs unités y rejettent leurs effluents toxiques

directement dans le milieu marin sans traitement préalable, contribuant à une pollution chronique qui affecte la faune, la flore marine et les usagers du littoral (BABALWEB, 2023).

Troisièmement, la pollution par le plastique est une grande menace en plein croissance. Selon un rapport de l'Agence nationale des déchets (AND), le plastique représente environ 87% des déchets collectés sur les plages algériennes, ce qui reflète un problème généralisé de gestion des déchets marins dans le pays, y compris à Aïn Taya (APS, 2021).

Cette accumulation de polluants – organiques, industriels et plastiques – a des conséquences directes sur la biodiversité marine et représente un risque sanitaire majeur pour les populations côtières, notamment par l'exposition à des agents pathogènes ou à des substances toxiques bioaccumulées.

I.2 Origine de la pollution

I.2.1 Pollution domestique :

Cette forme de pollution domestique résulte de l'utilisation quotidienne de l'eau par les ménages. Elle regroupe les eaux vannes (provenant des toilettes) et les eaux ménagères (issues des activités domestiques comme la cuisine ou le lavage). Ces eaux usées contiennent principalement des polluants organiques (matières fécales, urines, graisses, déchets biodégradables), des agents microbiologiques (notamment présents dans les eaux vannes) et des substances chimiques telles que les détergents et autres produits d'entretien (PEDOYA, 1993).

I.2.2 Pollution industrielle :

Elle se caractérise par une importante diversité de composants. On y trouve principalement des déchets organiques issus de l'industrie agroalimentaire, mais aussi une variété de polluants chimiques comme les hydrocarbures, les métaux lourds, les solvants et les composés azotés (provenant notamment de l'industrie des engrais), générés par différentes activités industrielles (BARRÉ, 2005).

Les effluents issus des activités industrielles contiennent de nombreux polluants, tant organiques que toxiques. Ces substances proviennent d'entreprises de secteurs variés, souvent implantées sur le littoral. Ce choix d'emplacement s'explique notamment par la facilité d'accès à l'eau de mer, utilisée à la fois pour le rejet des déchets liquides et pour le refroidissement des installations, notamment dans les domaines agroalimentaire, agricole, chimique ou pétrochimique. (TERBECHE, 2019).

I.2.3 Pollution Agricole :

Plusieurs contaminants peuvent provenir de l'agriculture, que ce soit par l'érosion des terres agricoles, les composés issus des déchets animaux ou les engrais commerciaux, tels que les nitrates et les composés azotés phosphorés.

L'usage excessif et mal maîtrisé des produits phytosanitaires et des pesticides, souvent présents dans les engrais agricoles, constitue une source majeure de pollution. Ces substances peuvent s'infiltrer dans les sols et atteindre les nappes phréatiques, compromettant ainsi la qualité des eaux souterraines (CIEAU, 2025).

I.2.4 Pollution naturelle :

La pollution d'origine naturelle est un phénomène reconnu par plusieurs auteurs. Des sources telles que les éruptions volcaniques, les épanchements sous-marins d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques (métaux lourds, arsenic) où les sources thermo-minérales peuvent altérer la qualité de l'eau, indépendamment de l'action humaine. (CHARTIER, 1974).

I.3 Les différents types de pollution marine

I.3.1 Pollution physique :

La présence de particules fines en suspension, telles que le charbon, la silice, le sable ou les limons, contribue à la pollution de l'eau. Ces éléments proviennent majoritairement des rejets des industries ou des eaux générées par les travaux de construction. (AMINOT et GUILLAUD, 1993).

Ces particules altèrent la qualité de l'eau en générant une turbidité accrue et en perturbant les écosystèmes aquatiques.

L'accumulation croissante de déchets plastiques, notamment les microplastiques issus de la fragmentation de matériaux synthétiques, entraîne des impacts majeurs sur la biodiversité marine. Ces particules affectent les espèces par ingestion ou enchevêtrement, perturbant les chaînes alimentaires (BARBOZA, 2015).

I.3.2 La pollution par les déchets :

La majeure partie de la pollution des océans est attribuable à l'activité humaine, avec des millions de tonnes de déchets qui se retrouvent tant sur les fonds marins que à la surface des océans. Ces déchets, transportés par les courants marins et les fleuves jusqu'aux côtes, comprennent des macrodéchets qui aboutissent souvent sur les plages. Les principales sources de cette pollution sont diverses activités terrestres comme l'agriculture, l'industrie, le transport routier et les stations d'épuration, ainsi que les décharges sauvages, les navires en transit, les

plaisanciers, les ports, les activités domestiques, agricoles et industrielles, ainsi que la pêche et la conchyliculture. (BELOU ANAS NÉE BEN BELKACEM, 2020).

I.3.3 Pollution biologique :

La pollution biologique résulte de la présence excessive de micro-organismes, comme les bactéries, les champignons, les algues ou encore certains virus, souvent issus des eaux usées domestiques, urbaines ou industrielles. Ce type de pollution peut également être causé par l'introduction d'espèces exotiques dans le milieu marin, telles que certaines variétés de caulerpe, l'algue brune japonaise ou des mollusques non indigènes. (GAUTHIER et PERRY, 1980).

Certaines espèces pathogènes peuvent être introduites dans le milieu marin par diverses voies. La pollution biologique désigne la présence de micro-organismes nuisibles dans l'eau, tels que les œufs de parasites métazoaires comme le ténia, les ascaris ou les trichocéphales, ainsi que des bactéries responsables de maladies telles que la typhoïde, la tuberculose ou le choléra. On peut également y détecter la présence de champignons pathogènes tels que des espèces du genre *Candida*, des bactéries comme les leptospires, ainsi que différents virus, parmi lesquels figurent ceux à l'origine de maladies telles que la poliomyélite, l'hépatite ou encore certaines infections du système digestif. (GAUTHIER et PERRY, 1980).

Les rejets domestiques et agricoles apportent des micro-organismes pathogènes d'origine fécale (bactéries, virus) qui dégradent la qualité sanitaire des eaux marines (DJAD et al., 2015).

I.3.4 La pollution microbiologique :

Les rejets domestiques et agricoles apportent des micro-organismes pathogènes d'origine fécale (*E. coli*, *entérovirus*), dégradant la qualité sanitaire des eaux marines (RODIER et MERLET, 2009).

I.3.5 Pollution chimique :

La pollution chimique est une perturbation anthropique avec des conséquences néfastes prouvées sur la faune marine. En absence de ces impacts, le terme contamination chimique désigne la présence des substances. (INERIS, 2015) et (IPEN, 2021).

Les activités domestiques (produits ménagers), agricoles (pesticides) et industrielles (rejets toxiques) constituent les principales sources de ces polluants, dont la persistance et la toxicité menacent les écosystèmes aquatiques (UNEP, 2019) et (IPEN, 2021).

I.3.6 La pollution marine par les hydrocarbures liée au trafic maritime :

L'industrialisation massive des zones côtières méditerranéennes représente une menace majeure pour l'équilibre de la mer Méditerranée. Les régions hébergeant des complexes industriels

lourds, tels que les sites chimiques et pétrochimiques, sont particulièrement vulnérables à la pollution. Aujourd'hui, la situation environnementale du bassin méditerranéen est alarmante : on y recense plus de deux cents installations pétrochimiques et énergétiques, ainsi que de nombreuses usines chimiques et unités de fabrication de chlore. Par ailleurs, près de quatre-vingts grands fleuves et rivières transportent chaque année d'importantes quantités de polluants depuis l'intérieur des terres vers la mer. Les raffineries pétrolières, au nombre d'environ soixante, déversent annuellement près de 20 000 tonnes d'hydrocarbures dans le milieu marin. Il est reconnu que ces activités industrielles engendrent des effets néfastes sur l'environnement, notamment à travers le rejet de substances dangereuses dans les cours d'eau, qui finissent par atteindre la mer et menacent la biodiversité marine. À ces contaminations aquatiques s'ajoute la pollution de l'air, également issue des processus industriels. Enfin, la Méditerranée demeure très exposée aux risques liés à la pollution pétrolière, en raison du trafic maritime intense qui s'y déroule, cette mer étant l'une des principales routes mondiales pour le transport de marchandises. (ALBAKJAJI, 2011).

I.3.7 La pollution radioactive :

Les problématiques associées à la contamination radioactive des milieux marins prennent une ampleur de plus en plus significative, notamment à cause de la hausse constante des besoins énergétiques et de la multiplication des projets de centrales nucléaires et d'installations de traitement du combustible usé. La radioactivité dans les milieux marins, comme dans les milieux continentaux, provient de deux sources principales :

- Une origine naturelle, liée aux rayonnements cosmiques ainsi qu'à la présence de radionucléides naturellement intégrés à la composition du globe terrestre.
- La pollution radioactive du milieu marin trouve en grande partie son origine dans des activités humaines, notamment par l'introduction de radionucléides provenant de l'utilisation de l'énergie nucléaire. Ces apports d'origine anthropique constituent aujourd'hui la principale source de contamination radioactive des écosystèmes marins (PÉRÈS et al., 1976).

La production d'électricité dans les centrales nucléaires génère des déchets radioactifs particulièrement dangereux pour l'environnement et les organismes vivants. Pendant de nombreuses années, plusieurs pays ont eu recours au rejet direct de ces déchets dans les océans, entraînant ainsi la contamination de nombreuses espèces marines (BELOU ANAS NÉE BEN BELKACEM, 2020).

I.3.8 La pollution par les rejets agricoles :

La qualité des eaux est directement influencée par les méthodes et pratiques actuelles de la culture et de l'élevage (FAURIE et al., 2003). L'utilisation excessive d'engrais chimiques azotés et phosphorés, ainsi que de produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, peut entraîner une contamination des eaux. Ces produits peuvent être toxiques en excès et quand ils sont suivis par la pluie, ils contaminent par infiltration les eaux de surface et les eaux souterraines. (DJABRI, 1996).

I.3.9 La pollution sonore :

Dans un environnement marin naturellement silencieux, le bruit est perçu comme une véritable agression sonore. Bien que les scientifiques n'en aient pas encore la certitude absolue, il est admis que le bruit peut avoir des conséquences graves sur la santé des animaux marins, en particulier sur leur système auditif (BELOU ANAS NÉE BEN BELKACEM, 2020).

I.4 Impact de pollution des eaux

I.4.1 Impact sur la faune et la flore aquatiques :

Selon MALBRIEL (1997) l'impact des rejets sur l'environnement peut s'évaluer à travers plusieurs paramètres : les variations de température, les modifications du pH, la consommation d'oxygène par le milieu, et les effets spécifiques liés à chaque polluant. Ces perturbations entraînent une altération de l'équilibre des écosystèmes.

Les variations de température et de pH peuvent perturber le développement normal de la faune et de la flore aquatiques. Le rejet de matières organiques dans le milieu provoque une consommation excessive d'oxygène par les micro-organismes lors de leur dégradation, entraînant une diminution de l'oxygène disponible pour les poissons. De plus, les matières en suspension dans l'eau peuvent obstruer les branchies des poissons, affectant leur respiration. Enfin, les apports excessifs en azote et en phosphore issus des rejets agricoles ou domestiques contribuent à l'eutrophisation des milieux aquatiques, favorisant la prolifération incontrôlée d'algues et le déséquilibre des écosystèmes. (MALBRIEL, 1997).

I.4.2 Impact sur la santé humaine :

L'eau constitue un élément fondamental pour la vie humaine. Son insuffisance ou sa mauvaise qualité représente une cause majeure de morbidité mondiale, particulièrement dans les pays en développement où 80% des pathologies sont liées à des problèmes hydriques (ADJA GODO et al., 2017).

Selon ROUMBA et OUEDRAOGO (2016), les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes :

- Maladies transmises par l'eau (bactéries, virus, parasites).
- Infections cutanées et oculaires liées au manque d'hygiène hydrique.
- Pathologies causées par des invertébrés aquatiques.
- Maladies vectorielles associées aux insectes proliférant près des points d'eau.
- Maladies causées par la contamination de l'eau par des substances chimiques et des toxines, par exemple : intoxication au plomb ou à l'arsenic, intoxication aux pesticides.
- Maladies résultant du manque d'eau ou de la mauvaise qualité de l'eau qui affectent la santé générale ; par exemple : malnutrition, déshydratation.

I.5 La pollution par les métaux lourds :

Certains métaux, tels que le mercure, le plomb et le cadmium, sont reconnus pour leur toxicité et leur persistance dans les milieux aquatiques. Ils ont la capacité de s'accumuler dans les organismes vivants (bioaccumulation) et de se concentrer progressivement dans les sédiments ainsi qu'au sein des chaînes alimentaires. Les principales sources d'apport de ces polluants inorganiques en zone côtière comprennent les rejets industriels, les peintures antisalissures utilisées sur les navires, ainsi que l'application d'engrais phosphatés contenant des traces de métaux. Il est donc essentiel de surveiller régulièrement les concentrations de métaux lourds dans les sédiments et le biote afin d'évaluer l'évolution de cette menace pour les écosystèmes côtiers (OUALI et al., 2009).

I.6 Généralités sur les métaux lourds

I.6.1 Définition :

Le terme « métaux lourds » est apparu au début du XX^e siècle pour désigner initialement des éléments comme le mercure, le plomb et le cadmium. Avec le temps, ce terme a été largement vulgarisé, englobant à tort un grand nombre d'éléments métalliques. Aujourd'hui, sa définition varie selon le contexte et les objectifs de l'étude menée (BELABED, 2010).

Ce terme implique aussi une notion de toxicité. L'expression « éléments traces métalliques » est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement (BAKER et WALKER, 1989).

Dans le cadre de ce travail, nous utiliserons le terme *métaux lourds* pour désigner les éléments ayant un impact toxique sur les organismes vivants et les écosystèmes.

Sur le plan scientifique et technique (Fig. 1). Plusieurs critères sont utilisés pour la définition des métaux lourds :

- Une densité supérieure à 5 ;
- Un numéro atomique généralement supérieur à celui du sodium (Z = 11) ;
- Une toxicité potentielle pour les systèmes biologiques.

Certaines disciplines adoptent des définitions plus spécifiques. Par exemple, un géologue peut considérer comme métal lourd tout élément réagissant avec la pyrimidine (C□H□N). Dans le domaine du traitement des effluents liquides, les principaux métaux lourds problématiques sont : arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se) et zinc (Zn) (BELABED, 2010).

En sciences environnementales, les métaux lourds associés à la pollution et à la toxicité incluent généralement : arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), étain (Sn) et zinc (Zn). Enfin, dans le secteur industriel, on considère comme métaux lourds les éléments métalliques caractérisés à la fois par une densité élevée (supérieure à 5), un numéro atomique important et une dangerosité pour l'environnement ou la santé humaine (BELABED, 2010).

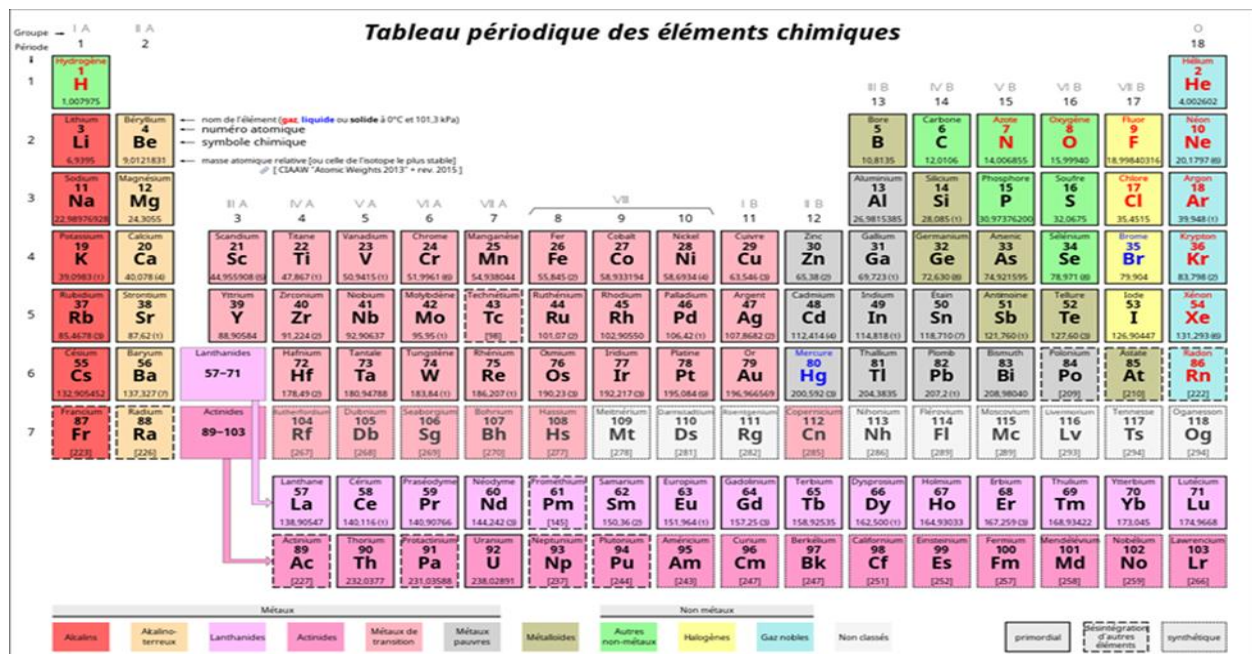


Figure 1: Classification périodique des éléments métalliques analysée (LENNETCH, 1993).

I.6.1.1 Rôle des métaux lourds :

Les éléments métalliques présents dans les milieux aquatiques et terrestres jouent un rôle fondamental dans le métabolisme des organismes vivants, en particulier grâce à leur implication

dans diverses réactions enzymatiques (GUEMAZ, 2006). Toutefois, la toxicité de certains métaux a conduit à leur emploi, passé ou actuel, dans différents domaines : ils servent notamment à la protection des cultures sous forme de pesticides, entrent dans la composition des peintures appliquées sur les coques de navires, ou sont utilisés dans de multiples procédés industriels (STENGEL & GELIN, 1998).

I.6.1.2 Importance biologique :

D'un point de vue physiologique, les métaux lourds se divisent en deux catégories : les oligoéléments essentiels (Fe, Cu, Zn, Ni, Co), indispensables en faibles quantités comme cofacteurs enzymatiques pour des fonctions vitales (ex. réactions d'oxydoréduction), mais toxiques en excès, et les métaux non essentiels (Cd, Pb, As, Hg, Cr), dépourvus de rôle biologique et nocifs même à faible dose. Les métaux essentiels, tels que le cuivre (impliqué dans le cytochrome c oxydase) ou le zinc (présent dans l'anhydrase carbonique), agissent dans des mécanismes enzymatiques clés, tandis que les non-essentiels s'accumulent dans les organismes, provoquant des effets toxiques systémiques. Notons que le potassium (K) et le calcium (Ca), souvent cités à tort parmi ces métaux, sont classés comme macroéléments. VALLS et LORENZO (2002) et CLOUTIER, et al., (2009) et ALI et al., (2013). Appuient cette classification, bien que leur lien direct avec les mécanismes enzymatiques nécessite une contextualisation précise, tandis que TCHOUNWOU et al., (2012) détaillent les risques toxicologiques associés.

I.6.2 Classification des métaux lourds :

On en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques.

I.6.2.1 Les métaux essentiels :

Les métaux dits essentiels sont des éléments traces indispensables au bon fonctionnement de nombreux processus cellulaires. Présents en très faibles concentrations dans les tissus biologiques (LOUE, 1993).

Ils participent à diverses réactions biochimiques. Toutefois, lorsqu'ils dépassent un certain seuil de concentration, certains peuvent devenir toxiques. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn) et du fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à l'état milli molaire, est un oligo-élément impliqué dans de nombreuses réactions enzymatiques (telles que celles des déshydrogénases, protéinases et peptidases) et joue un rôle central dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides (KABATA-PENDIAS, 2000).

I.6.2.2 Les métaux toxiques :

Les métaux toxiques se distinguent par leur caractère polluant et leurs effets délétères sur les organismes vivants, même à très faibles concentrations. Contrairement aux métaux essentiels, ils ne présentent aucun rôle biologique connu bénéfique pour les cellules. Parmi eux, on retrouve le plomb (Pb), le mercure (Hg) et le cadmium (Cd) (ALI et al., 2013).

I.6.3 L'origine des métaux lourds :

Généralement les métaux lourds rejoignent l'environnement à partir de deux origines principales notamment l'origine naturelle et celle anthropique (ALI et al., 2013).

I.6.3.1 Origine naturelle :

Les métaux lourds sont naturellement présents dans tous les écosystèmes, aussi bien dans le milieu aquatique que dans les roches, ainsi qu'au sein des communautés animales et végétales. Parmi les principales sources naturelles figurent les activités volcaniques et sismiques, l'érosion, les incendies de forêts, les cours d'eau, le lessivage des sols, ainsi que les processus d'altération des formations continentales. (SELKA, 2015).

I.6.3.2 Origine anthropique :

Parmi les activités humaines qui contribuent à l'augmentation des concentrations de métaux lourds dans l'environnement, on peut citer les industries pétrochimiques, la combustion de combustibles fossiles, les transports, l'incinération des déchets, ainsi que la gestion des déchets urbains, agricoles et industriels, sans oublier l'activité minière, qui constitue l'une des sources les plus directes de contamination. (MONNA, 2008).

Les organismes marins, qu'il s'agisse de la faune ou de la flore, peuvent absorber les métaux lourds présents dans l'eau ainsi que dans les sédiments. Lorsque ces éléments sont assimilés en quantités excessives, ils s'accumulent progressivement dans les tissus vivants et sont transférés d'un maillon à l'autre au sein de la chaîne alimentaire. Cette bioaccumulation peut conduire à des niveaux toxiques, mettant en danger la survie de certaines espèces. Par ailleurs, la consommation de produits de la mer contaminés constitue un risque pour la santé humaine, car les espèces marines ont une forte capacité à concentrer ces métaux, qui sont difficilement éliminés par l'organisme et largement disséminés dans les milieux aquatiques. (MICA et al., 2008).

Tableau 1: Les origine anthropiques de quelques métaux lourds dans l'environnement (ALI

Métaux lourds	Sources
As	Pesticides et conservation du bois
Cd	Peintures et pigments, galvanoplastie, incinération des plastiques contenant du cadmium, engrais phosphatés
Cr	Industrie du tannage, industrie de l'acier, cendres volatile
Cu	Pesticides, engrais
Hg	Exploitation minière et combustion du charbon, déchets médicaux
Ni	Effluents industriels, appareils de ménagers, instruments chirurgicaux
Pb	Émissions aériennes de la combustion de l'essence au plomb, fabrication des batteries, herbicides et insecticides

et al., 2013)

I.6.4 Cycle des métaux dans l'environnement :

Les métaux lourds s'intègrent aux cycles biogéochimiques sous réserve de deux conditions : leur disponibilité dans l'environnement et leur mobilisation depuis leurs réservoirs naturels. Leur disponibilité dépend de leur abondance naturelle et de la stabilité des minéraux qui les contiennent (sulfures, oxydes). Leur mobilisation, quant à elle, est favorisée par divers processus, notamment l'érosion chimique (due à l'eau de pluie et au CO₂), l'activité biologique des plantes (altération mécanique et chimique des roches par les racines), ainsi que les phénomènes naturels comme les éruptions volcaniques, qui libèrent des métaux volatils (Pb, Cd, As, Hg) dans l'atmosphère.

La mobilité des métaux lourds est fortement influencée par les conditions environnementales, en particulier le pH et les conditions redox. En milieu acide ou réducteur, leur solubilité augmente, tandis qu'en milieu alcalin, ils précipitent sous forme de carbonates ou d'hydroxydes. Par ailleurs, des composés organiques comme les acides humiques peuvent complexer ces métaux, accroissant leur mobilité dans les sols et les eaux. L'ensemble de ces mécanismes, combinés aux activités anthropiques, régule la répartition et l'impact des métaux lourds sur les écosystèmes (Voir figure 2) (AIT ZIANE et BOUYAHIA, 2012).

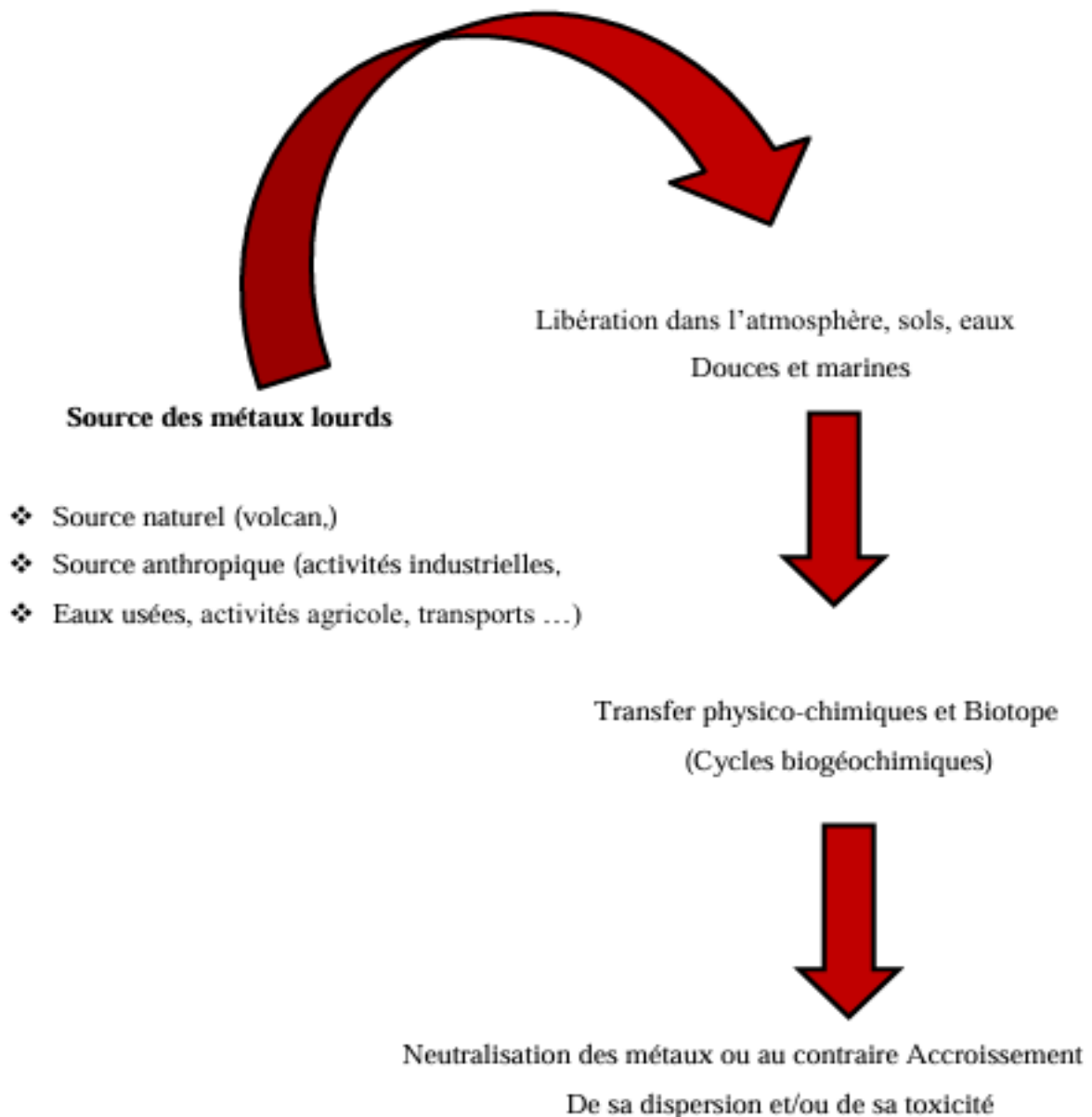


Figure 2 : Cycle biogéochimique des métaux lourds (AIT ZIANE ET BOUYAHIA, 2012)

I.6.5 Effets des métaux lourds

I.6.5.1 Effets des métaux lourds sur la vie aquatique :

À faibles concentrations, de nombreux métaux lourds — tels que le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), l'arsenic (As) et le cuivre (Cu) — exercent une action toxique en inhibant la photosynthèse et en freinant la croissance du phytoplancton. Ces perturbations initiales ont des répercussions sur l'ensemble de la chaîne trophique, se traduisant notamment par un retard du développement embryonnaire, des malformations, ainsi qu'une croissance réduite chez les poissons, les mollusques et les crustacés. Par le biais de la bioaccumulation, ces métaux s'accumulent progressivement dans les organismes vivants, atteignant des concentrations élevées dans certaines espèces consommées par l'homme, comme les poissons. Ce phénomène explique la forte toxicité de ces éléments (BINEY et al., 1991).

I.6.5.2 Effets des métaux lourds sur la santé humaine :

La contamination de la chaîne alimentaire par les métaux lourds représente un enjeu sanitaire majeur, en raison de leur capacité à générer un stress oxydatif via la surproduction d'espèces réactives de l'oxygène (ROS). Ces dernières, lorsqu'elles dépassent les capacités antioxydantes cellulaires (glutathion, enzymes SOD), provoquent des dommages oxydatifs aux membranes lipidiques, protéines et matériel génétique (ALI et al., 2013).

Les métaux non essentiels comme le mercure ou le cadmium, ainsi que les métaux essentiels à dose toxique (cuivre, zinc), ciblent préférentiellement les systèmes nerveux, rénal et cardiovasculaire, avec des effets variant selon la dose et la durée d'exposition. Une exposition aiguë induit des syndromes toxiques immédiats, tandis qu'une exposition chronique, même à faible dose, favorise des pathologies dégénératives (neuropathies, fibroses) via l'accumulation progressive de dommages cellulaires. Cette toxicité multi systémique, documentée par des marqueurs comme le MDA, souligne l'urgence de réguler les sources anthropiques de ces polluants (CHRISTY, 2017).

I.6.6 Toxicité

La toxicité des métaux lourds est modulée par des paramètres physicochimiques (solubilité, mobilité) et biologiques (bioaccumulation, stress oxydatif) qui déterminent leur impact sur les écosystèmes et la santé humaine. Leur solubilité influence directement leur biodisponibilité, tandis que leur bioaccumulation dans les organismes vivants amplifie leur toxicité chronique, notamment via la production de radicaux libres responsables de dommages cellulaires (JAISHANKAR et al., 2014).

Contrairement aux polluants organiques, les métaux lourds ne se dégradent pas et s'accumulent durablement dans l'environnement (air, sol, eau), constituant une menace croissante pour la biodiversité et les populations humaines (NITHYA et al., 2011) et (XU et al., 2014). Leurs sources anthropiques incluent les industries extractives (charbon, gaz), papetières et minières, qui libèrent des ions métalliques mobiles dans les écosystèmes (OLIVEIRA et al., 2007) et (NITHYA et al., 2011).

La mobilité de ces métaux dans le sol, liée à des facteurs comme le pH ou la présence de ligands organiques, conditionne leur transfert vers la chaîne alimentaire. Plus cette mobilité est élevée, plus le risque de toxicité aiguë ou chronique augmente pour les plantes, animaux et humains (ANTONIA DIS et MCKINLEY, 2003). Par exemple, l'arsenic, particulièrement mobile en milieu acide, pénètre facilement les cultures et les nappes phréatiques, exposant les populations à des pathologies cancérogènes ou neurodégénératives.

Par ailleurs, les effets toxiques varient selon le type de métal. L'arsenic (As), par exemple, présente une toxicité élevée en raison de sa similitude structurale avec le phosphate, ce qui lui permet d'interférer avec des processus cellulaires essentiels tels que la phosphorylation oxydative et la synthèse de l'ATP. Le cadmium (Cd) est un élément cancérogène, mutagène et tératogène, responsable d'insuffisance rénale et d'anémie chronique. Le chrome (Cr) est associé à la perte de cheveux. Le cuivre (Cu), lorsqu'il est présent en quantités élevées, peut endommager le cerveau et les reins, provoquer une cirrhose hépatique, une anémie chronique et des irritations intestinales. Le mercure (Hg) est reconnu pour ses effets neurotoxiques et immuno-toxiques : il peut entraîner des maladies auto-immunes, une dépression, des troubles de l'équilibre, une perte de cheveux, de l'insomnie, des pertes de mémoire, des troubles visuels et des tremblements. Le nickel (Ni) provoque des réactions cutanées telles que des démangeaisons ; son inhalation peut conduire à des cancers des poumons, du nez, des sinus, de la gorge et de l'estomac, ainsi qu'à une perte de cheveux. Le plomb (Pb) affecte le développement neurologique, réduit les capacités cognitives, provoque une perte de mémoire à court terme, une insuffisance rénale et des maladies cardiovasculaires. Enfin, bien que le zinc (Zn) soit un oligo-élément essentiel, son excès peut entraîner des étourdissements et des troubles neurologiques (ALI et al., 2013).

I.6.7 Présentation détaillée des métaux

Tableau 2: Présentation détaillée des métaux

Métal	Sources	Toxicité	Règlementation (AFNOR)
Cadmium	Métallurgie, pigments, engrais phosphatés, rejets industriels, combustion fossile, déchets ménagers (FU et al., 2016).	Très toxique, s'accumule dans le foie et les reins, effets cancérigènes, génotoxique, maladies rénales, osseuses, respiratoires (JAISHANKAR et al., 2014).	0,043(mg/kg) dans la chair de poissons (ex. daurade).
Plomb	Batteries, peintures, engrais, eaux usées, combustion fossile, décharges (POURANG et al., 2004).	Neurotoxique, affecte système nerveux, hématologique, rénal, reproducteur. Très toxique chez les enfants (MASON et al., 2014).	0,065 (mg/kg) dans la chair de poissons.
Zinc	Naturel, rejets miniers, eaux usées, engrais, lixiviats de décharges (TCHOUNWOU et al., 2012).	Essentiel mais toxique à forte dose : troubles gastro-intestinaux, hématologiques, neurosensoriels. Toxicité limitée à long terme (PLUM et al., 2010).	26,6 (mg/kg) dans la chair de poissons.
Cuivre	Mines, fonderies, sidérurgie, engrais, pesticides, lixivier (PARRA et al., 2016) ; (BREMNER, 1998).	Essentiel, mais en excès : hépatotoxicité, néphrotoxicité, affaiblissement immunitaire, stress oxydatif	2,34 (mg/kg) dans la chair de poissons.
Manganèse	Roches, sols, production d'acier et ferroalliages (WANG et al., 2021) (GUILARTE, 2013).	Essentiel, mais toxique à forte dose : effets neurotoxiques, syndrome parkinsonien manganique	3,66 (mg/kg) dans la chair de poissons.
Chrome	Activités industrielles, chrome trivalent (essentiel), chrome hexavalent (toxique) (ATSDR, 2012) ; (PAUL et al., 2024)	Chrome hexavalent très toxique, effets graves sur divers systèmes physiologiques, cancérigène	34,7 (mg/kg) dans la chair de poissons.
Nickel	Activités industrielles, combustion fossile, incinération des déchets (KASPRZAK et al., 2003).	Peut causer cancers, troubles respiratoires, allergies, reproduction. Exposition par inhalation, ingestion, contact cutané (ATSDR, 2005).	19,4 (mg/kg) dans la chair de poissons.
Fer	Naturellement présent, industries sidérurgiques, combustion fossile et déchets (GANZ, 2013).	Essentiel, mais toxique à fortes doses : surcharge hépatique, douleurs, vomissements, diarrhée, choc en cas grave (GANZ, 2013).	142 (mg/kg) dans la chair de poissons.

I.6.8 Normes de rejet :

Diverses normes et réglementations internationales existent ; les concentrations limites autorisées dans les eaux résiduaires, sont très faibles. Dans ce contexte, le décret publié au **Journal Officiel du 14 juillet 1993** a fixé les valeurs maximales des principaux polluants dans les rejets industriels et dont un extrait est présenté dans le tableau.

Tableau 3: Valeurs limites maximales autorisées dans les rejets industriels

Paramètres	VALEURE Maximales (mg /L)
Phosphates	2 ,0
Cyanures	0 ,1
Aluminium	5,0
Cadmium	0 ,2
Chrome trivalent	3 ,0
Chrome hexavalent	0,1
Fer	5,0
Manganèse	1,0
Mercure	0,01
Nickel	5,0
Plomb	1,0
Cuivre	3 ,0
Zinc	5,0

Chapitre II :
La daurade royale
(Sparus aurata)

Chapitre II : La daurade royale (*Sparus aurata*)

II. La daurade royale (*Sparus aurata*)

II.1 Présentation de l'espèce :

Le *Sparus aurata*, plus connu sous le nom de **dorade royale** ou **daurade**, est un poisson marin côtier que l'on retrouve largement réparti le long de la côte est de l'Atlantique, depuis les îles Britanniques jusqu'au Cap-Vert, ainsi qu'en mer Méditerranée. Appréciée pour la finesse de sa chair, cette espèce est largement consommée dans les régions méditerranéennes. Elle occupe également une place majeure dans le secteur de l'aquaculture méditerranéenne, avec une production avoisinant les **280 000 tonnes par ans** (FAO, 2014).

La dorade royale (*Sparus aurata*) se trouve généralement seule ou en petits groupes, principalement dans les eaux peu profondes proches du rivage. Elle fréquente les habitats riches en végétation comme les herbiers de posidonie, ainsi que les fonds sableux. On la retrouve aussi dans des milieux saumâtres tels que les estuaires et les lagunes. Les juvéniles de la dorade royale se trouvent habituellement dans des eaux peu profondes, à moins de 30 mètres de profondeur, alors que les individus adultes peuvent atteindre des profondeurs allant jusqu'à 150 mètres (DORIS - FFESSM, 2006).

II.1.1 Généralités :

- **Nom commun :** Dorade royale
- **Nom commercial :** Dorade royale, daurade royale
- **Nom scientifique :** *Sparus aurata* (LINNAEUS, 1758).
- **Famille :** Sparidés (*Sparidae*), une famille de poissons marins communément appelés "dorades" ou "brèmes de mer".
- **Taille :** La taille moyenne est de 30 à 70 cm.
- **Taille commune :** 20 à 50 cm.
- **Taille max :** 70 cm.
- **Poids :** Généralement entre 2 et 6 kg, avec des records allant jusqu'à 10 kg (FAO, 2023).
- **Apparence :** Corps ovale et comprimé latéralement, couleur argentée avec une bande dorée caractéristique entre les yeux et une tache noire sur les ouïes.

II.1.2 Origine de nom :

Le terme "dorade" ou "daurade" désigne plusieurs espèces de poissons de haute qualité gustative.

II.1.2.1 Origine du nom français :

Chapitre II : La daurade royale (*Sparus aurata*)

- Le terme dorade est dérivé du mot Dorado en espagnol ce qui signifie « doré », en référence à la bande dorée entre les yeux de ce poisson.
- Le nom de ce poisson, qui signifie « doré(e) », tire son origine de deux langues selon l'orthographe utilisée : il peut dériver du provençal daurada ou de l'espagnol do rada (BENAMMAR, 2017).

II.1.2.2 Origine du nom scientifique :

La dénomination scientifique *Sparus aurata* provient du latin : *sparus* fait référence à un poisson marin, tandis que *aurata* signifie « dorée » (LINNAEUS, 1758).

Le terme « dorade » dérive de l'espagnol Dorado, signifiant « doré », en référence à la bande dorée caractéristique entre les yeux de ce poisson.

Dans les régions francophones tropicales, comme Maurice, La Réunion, les Comores, Madagascar, les Seychelles et les Antilles, le terme « dorade » fait principalement référence à la dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*), sauf en Guyane française où il désigne le poisson *Zungaro zungaro* (DGCCRF, 2024).

Ainsi, le nom scientifique *Sparus aurata* peut être traduit par « poisson doré », soulignant la bande dorée caractéristique de cette espèce.

II.1.3 Étymologie détaillée :

- **Latin** : aurata → "dorée"
- **Espagnol** : dorado (m) / dorada (f) → "doré(e)"
- **Français ancien** : dourade (influence de l'espagnol et du portugais)
- **Occitan** : daurada

II.1.4 Synonymes :

-*Sparus aurata* (LINNAEUS, 1758) est connu sous d'autres noms scientifiques :

-*Chrysophrys aurata* : ancien nom scientifique utilisé avant la révision taxonomique.

-*Aurata aurata*.

-*Chrysophrys aurathus*.

-*Chrysophrys crassirostris*.

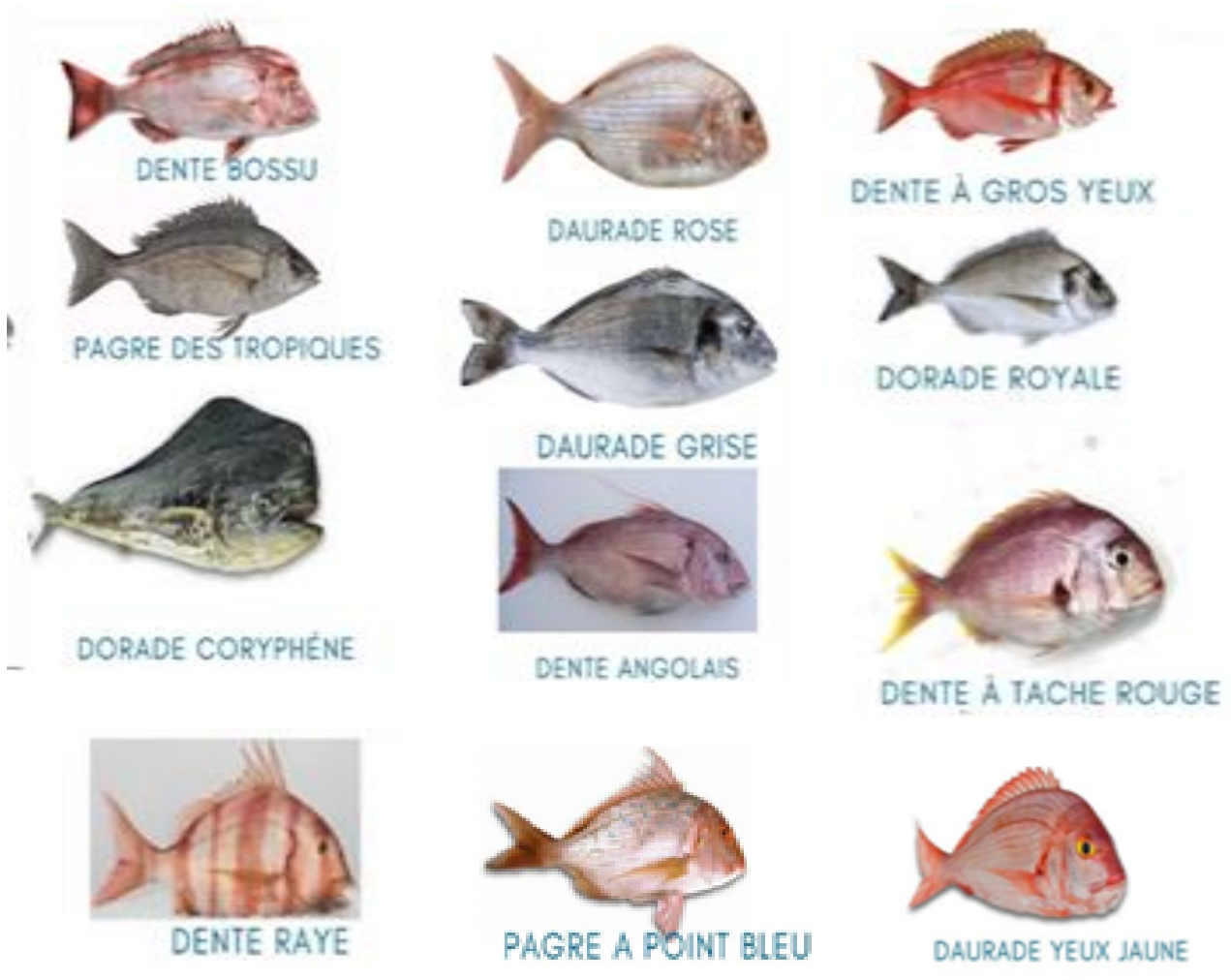
- *Pagrus auratus*.

II.1.5 Appellation locale dans d'autres zones :

- Dorade - *Zungaro zungaro* (Guyane)
- Dorade à gros yeux - *Monot axis grandoculis* (Maldives)
- Dorade de palétuvier - *Lut Janus fulvus* (Nouvelle-Calédonie)
- Dorade à tache noire - *Lut Janus fulviflamma* (Nouvelle-Calédonie)
- Dorade grise - *Lethrinus Atlantic us* (Togo) Daurade (Poisson).
- Dorade rose - *Pagrus caeruleostictus* (Togo) (MARINE RESEARCH CENTRE, 2003).

II.1.6 Les types de dorade en niveau mondiale :

La dorade est un poisson ovale de couleur variée allant du gris au rose. Avec une appellation d'orthographe différentes mais toute valable daurade, dorade, pagres, dentes (**fig. 3**). Ces dorades font tes partis de la famille des *sparidae*, et présentent quelques différences de caractéristiques nutritionnelles en fonction de leur environnement, mais la constante est qu'elles sont toutes riches en protéines et contiennent très peu de matières grasses. Elles sont également



riches en sels minéraux et oligoéléments (iode et zinc) (ADAMA, 2020).

Figure 3: Les types de dorade en niveau mondiale (ADAMA, 2020).

II.1.7 La classification scientifique détaillée de la dorade royale :

Tableau 4: La classification scientifique détaillée de la dorade royale (LINNAEUS, 1758).

Taxonomie	Termes scientifiques	Termes en français
Embranchement	Chordata	Chordés
Sous-embranchement	Vertebrata	Vertébrés
Super classe	Osteichthyes	Ostéichthyens
Classe	Actinopterygii	Actinoptérygiens
Sous-classe	Neopterygii	Néoptérygiens
Infra_ classe	Teleostei	Téléostéens
Super ordre	Acanthopterygii	Téléostéens
Ordre	Perciformes	Perciformes
Sous-ordre	Percoidei	Percoïdes
Famille	Sparidae	Sparidés
Genre	Sparus	Sparus
Espèce	Aurata	Aurata
Règne	Animalis	Animaux

II.1.8 Morphologie :

La dorade royale (*Sparus aurata*) présente un corps haut, ovale, symétrique et fortement comprimé latéralement. Sa taille usuelle varie entre 20 et 50 cm, mais elle peut atteindre jusqu'à 70 cm. Le profil antérieur du corps est surélevé en raison de la présence d'une crête supra-occipitale bien marquée. Les flancs sont de couleur gris argenté, et une bande dorée caractéristique traverse la région située entre les yeux, encadrée de deux zones sombres, moins marquées chez les juvéniles. Une tache noire bien visible apparaît à l'origine de la ligne latérale,

Chapitre II : La daurade royale (*Sparus aurata*)

Elle présente une marque dorée caractéristique s'étendant jusqu'au sommet de l'opercule, mise en évidence par une teinte rougeâtre en dessous. Le corps affiche fréquemment des bandes sombres disposées longitudinalement, une bande noire au niveau de la nageoire dorsale, ainsi que des bords foncés sur les extrémités de la nageoire caudale. Les nageoires pectorales sont implantées relativement haut sur les flancs, tandis que les nageoires pelviennes, de type thoracique, possèdent plus de cinq rayons. La nageoire dorsale, unique, se compose de 11 épines rigides suivies de 13 à 14 rayons souples. Quant à la nageoire anale, elle comprend 3 épines et 11 rayons mous. Les joues sont recouvertes de grandes écailles qui remontent jusqu'à la tête, alors que le préopercule reste dépourvu d'écailles. Le nombre d'écailles le long de la ligne latérale est compris entre 73 et 85 (FAO, 2014).

La tête présente un profil régulièrement convexe, avec un œil de petite taille et une bouche peu inclinée en position inférieure, entourée de lèvres épaisses. Les mâchoires de la daurade royale possèdent à l'avant quatre à six dents de forme conique (type canine), suivies sur les côtés par des dents plus larges, qui évoluent rapidement en dents plates et broyeuses disposées en deux à quatre rangées. Les dents des deux rangées externes sont particulièrement développées. On note également une hétérodontie marquée, signe d'une adaptation à un régime alimentaire varié. Les branchiospines sont courtes, au nombre de 11 à 13, dont 7 à 8 inférieures et 4 à 6 supérieures (rarement 5 supérieures). (CNEXO, 1983)

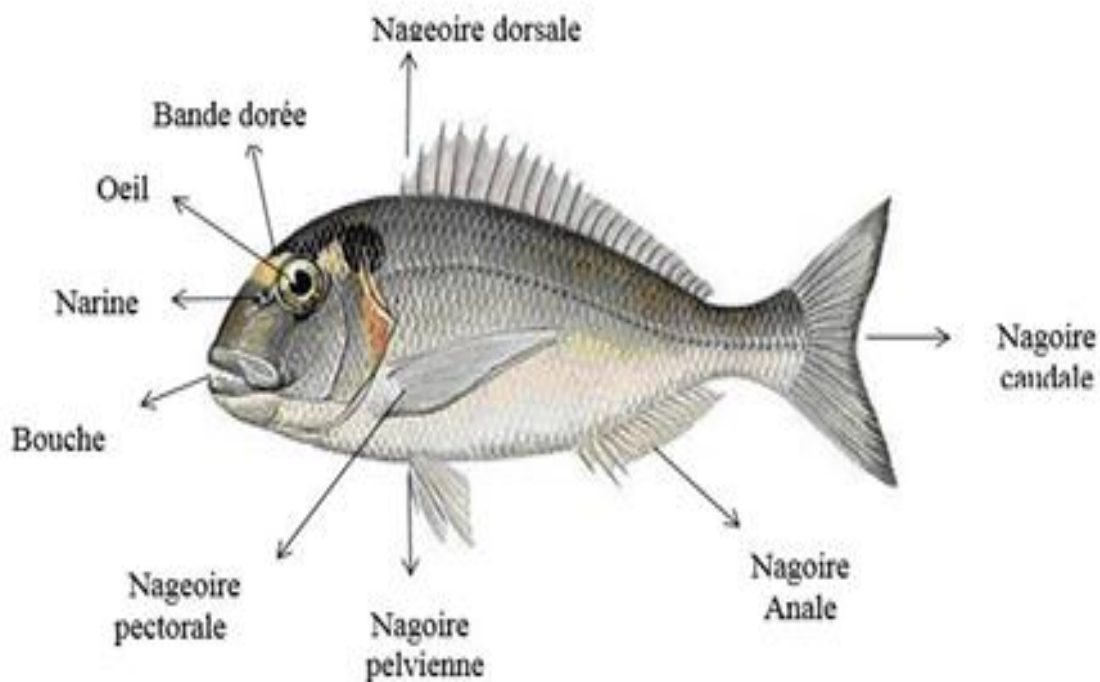


Figure 4:schéma de la morphologie de la daurade. (NEMOUS et NECHNICHE, 2022)

II.1.9 Habitat :

La daurade royale (*Sparus aurata*) fréquente principalement les eaux côtières peu profondes (jusqu'à 30 mètres), les lagunes, les estuaires, ainsi que les zones rocheuses ou sableuses (FAO, 2023). Elle est largement répartie en mer Méditerranée et en mer Adriatique le long des côtes atlantiques jusqu'aux îles britanniques — sa limite nord de distribution et plus au sud jusqu'aux îles Canaries et au Cap-Vert. En mer Noire, sa présence reste marginale (YUHEI et al., 2020).

Ce poisson, généralement solitaire ou vivant en petits groupes, s'adapte à une grande variété de fonds, qu'ils soient rocheux, sableux ou recouverts d'herbiers marins tels que *Posidonie Oceanica* (FERRA C, 2008) et (FAO, 2014).

Il est également régulièrement observé sur les substrats meubles en zone ouverte.

Espèce euryhaline et eurytherme, la daurade royale peut occuper aussi bien les milieux marins que saumâtres, notamment les lagunes côtières et les estuaires, particulièrement au cours de ses premiers stades de vie. Elle se reproduit en mer ouverte entre octobre et décembre. Les juvéniles migrent ensuite, au printemps, vers des habitats côtiers protégés, riches en nourriture et plus tempérés. À la fin de l'automne, ils rejoignent à nouveau le large, où les adultes accomplissent leur cycle reproductif (FAO, 2014).

II.1.10 Croissance :

La daurade royale (*Sparus aurata*) entame son cycle de croissance dans les lagunes méditerranéennes. Les juvéniles, âgés d'environ deux mois, pénètrent dans ces milieux à la fin du mois d'avril. Ils y séjournent jusqu'au mois d'octobre, période durant laquelle ils se regroupent pour migrer vers la mer, où ils hivernent en zone côtière tout en poursuivant leur développement. Chaque année, ces poissons reviennent dans les lagunes pour y passer le printemps et l'été, profitant de la richesse alimentaire de ces milieux, notamment en coquillages.

Après environ 10 ans de croissance, une daurade royale peut atteindre une longueur moyenne de 61,2 cm et un poids avoisinant les 4 kg (VALPEM, 2018).

Le rythme de croissance dépend des conditions environnementales : il est en général plus rapide au cours des premières années dans les étangs saumâtres que dans le milieu marin. La première maturité sexuelle est atteinte à une taille comprise entre 33 et 40 cm, pour un poids variant de 1 à 3 kg. La taille moyenne enregistrée est d'environ 35 cm. À l'âge de 9 ans, les individus atteignent une longueur comprise entre 50 et 60 cm.

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

La taille maximale rapportée est de 70 cm, avec un poids pouvant atteindre jusqu'à 17,2 kg. L'âge maximal observé chez cette espèce est de 11 ans (KAROUI et al., 2021).

II.1.11 Régime alimentaire :

La daurade royale (*Sparus aurata*), communément surnommée « gueule pavée » en raison de ses puissantes mâchoires dotées de canines et de molaires plates, est un carnassier benthique spécialisé dans la consommation de proies à carapaces dures. Elle se nourrit principalement de mollusques bivalves (comme les moules et les huîtres), de crustacés (notamment les crabes et les crevettes), de céphalopodes, d'oursins et, plus occasionnellement, de petits poissons et de vers marins (CHAOUI et al., 2005).

Sa mâchoire robuste, équipée de dents en forme de meules, lui permet de broyer efficacement les coquilles et les carapaces de ses proies. Elle utilise une technique d'alimentation particulière consistant à croquer puis recracher les fragments durs, ce qui lui permet de trier les éléments comestibles avec précision, grâce à ses lèvres sensibles et tactiles.

Le comportement alimentaire de la daurade est influencé par des facteurs environnementaux, en particulier la température de l'eau. Une légère baisse thermique peut entraîner une diminution de l'appétit. En milieu naturel, l'activité trophique est marquée par deux périodes favorables à la pêche, observées au début et à la fin de la saison, avec un pic d'abondance estivale. Après la période de reproduction, l'espèce constitue d'importantes réserves énergétiques avant de migrer vers des zones plus profondes pour passer l'hiver (MPPH, 2022).

II.1.12 Reproduction et cycle de développement :

Chez la dorade royale (*Sparus aurata*), la période de reproduction s'étend généralement de l'automne à l'hiver, avec un pic d'activité observé entre décembre et janvier, notamment le long des côtes méditerranéennes, comme celles de l'Algérie. (Golfe de Skikda), en Tunisie et en Égypte. Cette période peut varier légèrement selon les conditions locales, mais reste globalement concentrée entre octobre et février. Le déclenchement de la reproduction est souvent lié à une baisse des températures de l'eau en surface (CHEBEL et al., 2018).

Au moment de la reproduction, les dorades royales – comme les autres espèces de la famille des Sparidés – migrent vers les zones côtières peu profondes où elles forment des bancs. Le frai s'y déroule en pleine eau, avec une émission simultanée des gamètes par les mâles et les femelles, entraînant une fécondation externe (MYLONAS et al., 2011).

Chapitre II : La daurade royale (*Sparus aurata*)

La dorade royale est une espèce hermaphrodite protandre, c'est-à-dire que les individus sont d'abord mâles avant de devenir femelles. La maturité sexuelle est généralement atteinte entre 1 et 2 ans, pour une taille comprise entre 20 et 30 cm. Le changement de sexe vers le stade femelle intervient autour de l'âge de 3 ans, lorsque les individus mesurent environ 30 à 40 cm. En milieu naturel, l'espérance de vie de cette espèce peut atteindre 11 ans.

La fécondation chez la dorade royale se fait en milieu externe, et la période de reproduction varie selon les conditions environnementales locales, bien qu'elle ait généralement lieu entre octobre et décembre. Chaque femelle est capable de produire jusqu'à un million d'œufs par kilogramme de son poids, répartis sur plusieurs épisodes de ponte au cours de l'année. Les œufs, d'environ 0,9 mm de diamètre, éclosent en donnant naissance à des larves de moins de 3 mm, dont la masse ne dépasse que quelques fractions de milligramme. Ces larves naissent en pleine mer, puis, au début du printemps, les juvéniles migrent vers les zones côtières protégées, riches en ressources alimentaires et offrant des températures plus modérées, conditions favorables à leur

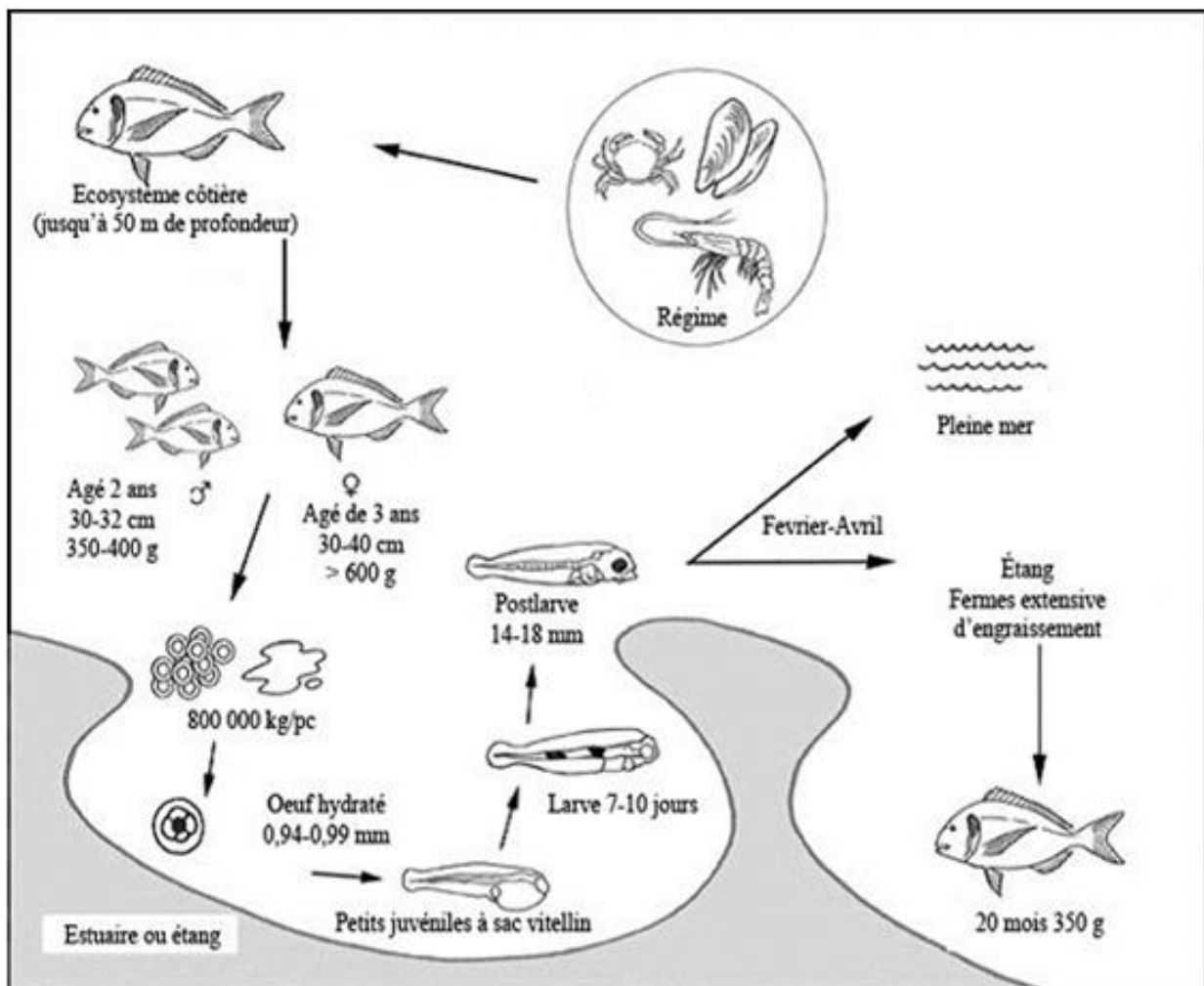


Figure 5 : Cycle de reproduction de la Daurade Systèmes extensif (FAO, 2014).

croissance et développement (CHAOUÏ et al., 2005).

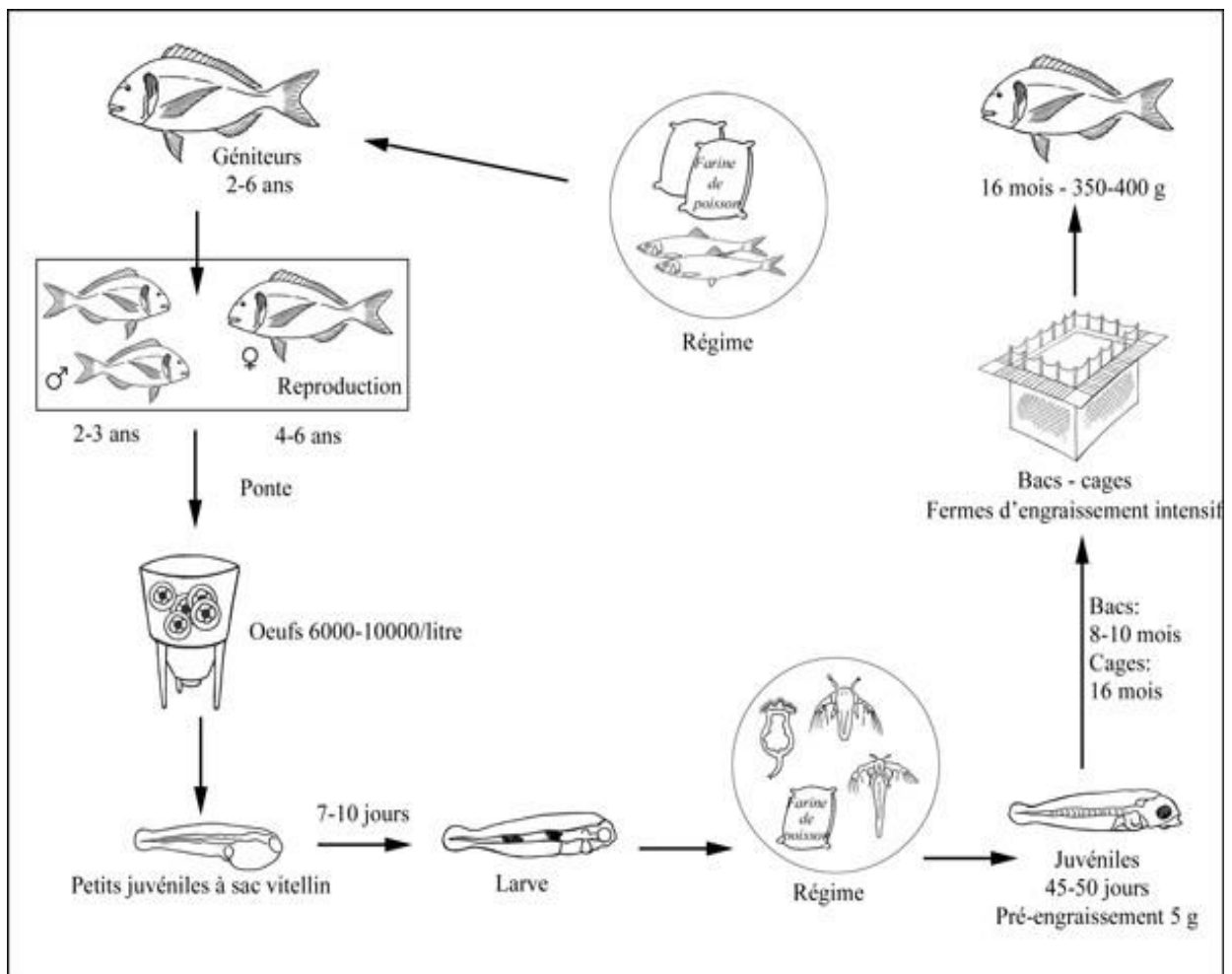


Figure 6: Cycle de reproduction de la Daurade Systèmes intensifs (FAO, 2014).

II.1.12.1 Adaptations physiologiques :

La dorade royale est une espèce euryhaline, capable de tolérer des variations significatives de la salinité. Cette capacité lui permet de vivre dans des milieux saumâtres tels que les estuaires et les lagunes, qui offrent des ressources alimentaires abondantes et des conditions optimales pour les stades juvéniles (BAUCHOT et HUREAU, 1986). En outre, sa livrée argentée ornée d'une bande dorée caractéristique lui assure un camouflage efficace dans les herbiers marins et les fonds sableux, contribuant ainsi à sa protection contre les prédateurs (DUPONT et MARTIN., 2023).

II.1.13 Méthodes de différenciation :

II.1.13.1 Daurade sauvage / Daurade d'élevage :

L'aquaculture a augmenté en raison de la diminution des ressources, de sorte que la distinction entre les poissons sauvages (pêche) et le poisson d'élevage (aquaculture) est un problème

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

important pour documenter les produits de la mer, en utilisant plusieurs méthodes, notamment : (GRIGORAKIS, 2007).

II.1.13.2 Analyse morphologique :

Les traits morphologiques des poissons varient selon l'espèce, mais peuvent aussi être modifiés par la sélection génétique et les pratiques d'élevage. Par conséquent, des distinctions notables peuvent apparaître entre les individus de daurade royale (*Sparus aurata*) vivant à l'état sauvage et ceux élevés en aquaculture intensive.

La daurade sauvage présente généralement :

- Un corps moins large.
- Une peau plus fine.
- Une tête plus fuselée.
- Une couleur plus claire.
- Des nageoires dorsales plus effilées.
- Une ligne dorée sur la tête.
- Une tache orangée sur les opercules.

La maturité sexuelle constitue également un indicateur, car les poissons d'élevage sont souvent abattus avant de l'atteindre, afin d'uniformiser leurs caractéristiques sensorielles et d'en préserver la qualité.

Dans certaines situations, les poissons élevés en captivité peuvent développer des anomalies squelettiques au cours de leur croissance, comme des déformations au niveau de la colonne vertébrale ou de la mâchoire.

Même si certaines mesures morphométriques peuvent se révéler comparables entre les spécimens sauvages et ceux issus de l'aquaculture, des divergences significatives persistent en ce qui concerne la forme et les proportions de certains organes (GRIGORAKIS, 2007).

II.1.13.3 Analyse biochimique :

La chair de la daurade issue de l'aquaculture contient généralement davantage de protéines et de lipides que celle provenant de l'environnement naturel. Cette différence s'explique notamment par une alimentation formulée et une activité physique réduite en élevage, ce qui entraîne une teneur plus élevée en graisses et une composition en acides gras distincte par rapport à la daurade sauvage.

Les poissons d'élevage présentent une chair plus grasse, en raison d'un régime alimentaire concentré en lipides et d'une activité physique réduite par rapport à leurs homologues sauvages,

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

ce qui entraîne une accumulation plus importante de graisses. Cela a été vérifié pour des espèces comme le bar ou le turbot. En outre, des analyses isotopiques (ratios d'isotopes stables) et chromatographiques peuvent aussi être utilisées pour différencier poissons sauvages et d'élevage, bien que ces méthodes soient plus couramment documentées pour d'autres espèces comme le saumon (ALASALVAR et al., 2002).

II.1.13.4 Autres méthodes :

Plusieurs approches permettent de différencier les poissons sauvages de ceux provenant de l'élevage, en particulier par le biais d'analyses chimiques et biochimiques. À titre d'exemple, la chromatographie de l'astaxanthine — un pigment appartenant à la famille des caroténoïdes — extrait de la chair du saumon, révèle souvent des concentrations plus élevées chez les individus d'élevage. Cette différence témoigne de l'impact de l'alimentation sur la teneur en pigments.

(MARTINEZ et al., 2009).

En complément, l'extraction et l'analyse du matériel génétique, en particulier à partir du foie, constituent un outil efficace pour identifier les différences génétiques entre la daurade sauvage et celle d'élevage, venant ainsi appuyer les distinctions morphologiques et biochimiques déjà observées. (BEN MOUSSA, M. 2019).

II.1.14 Techniques d'élevage, structures et caractéristiques :

II.1.14.1 Caractéristiques biologiques et économiques et alimentaires de la dorade royale (*Sparus aurata*) :

La dorade royale est une espèce autochtone d'une grande importance dans le domaine de l'aquaculture, grâce à un ensemble de caractéristiques biologiques qui la rendent particulièrement adaptée à l'élevage piscicole. Elle se distingue par un taux de croissance rapide, ce qui contribue à raccourcir le cycle de production et à optimiser la rentabilité économique. Elle présente également une chaîne trophique courte, ce qui diminue les coûts liés à l'alimentation, tout en offrant un bon taux de conversion alimentaire. En outre, cette espèce accepte facilement les aliments composés, ce qui facilite grandement son alimentation en captivité. Parmi ses autres atouts biologiques, on note une résistance notable aux maladies, une reproduction aisée en captivité, ainsi qu'une maturité sexuelle précoce et une fécondité élevée. La dorade royale présente également une forte aptitude à s'adapter aux fluctuations de température, ce qui lui confère une flexibilité écologique importante. Toutes ces qualités contribuent à maintenir un taux de croissance satisfaisant à différentes étapes de son développement (ZARAGOZA et al., 2013).

Chapitre II : La daurade royale (*Sparus aurata*)

Au-delà de ses avantages biologiques, la dorade royale présente un intérêt économique majeur. Elle est largement acceptée par les consommateurs, notamment en raison de la qualité et du goût de sa chair, ce qui en facilite la commercialisation tant au niveau local qu'international. Cette forte demande sur les marchés internes et externes constitue un levier essentiel pour le développement de projets aquacoles rentables et durables (REGRAGUI, 2020).

En raison du faible taux en lipides de la dorade, il est considéré parmi les poissons maigres par excellence (voir tableau). Il est facile à digérer et est recommandé pour un régime minceur) (MPECHE, 2022 .)

Désignation	Teneur pour 100 g	Désignation	Teneur pour 100 g
Protéines	17 g	Vitamine E	9 g
Lipides	1 g	Sélénium	45 g
Eau	82 g	EPA (Oméga-3)	327 g
Calcium	30 g	DHA	555g
Fer	10.9g	Phosphore	244 g
Iode	3g	Thiamine (B1)	0,06 g
Magnésium	25 g	Riboflavine (B2)	0,08 g
Sodium	31g	Folates (B9)	13,4 g
Potassium	466g	Vitamine B12	2,3 g

Tableau 5: Quantité alimentaire chez la dorade royale (MPECHE, 2022).

II.1.14.2 Structures d'élevage :

II.1.14.2.1 Cages flottantes en mer :

Les cages sont généralement de forme circulaire ou carrée, suspendues à un cadre flottant.

Leur diamètre varie typiquement de 5 à 30 mètres, avec une profondeur de 10 à 15 mètres, (GRØTTUM et BEVERIDGE, 2007).

Par exemple, des cages circulaires de 12 m de diamètre sont courantes dans les fermes méditerranéennes, avec des volumes autour de 1 130 m³. D'autres cages peuvent être carrées, par exemple 5 m de côté.

Les matériaux utilisés sont souvent des filets en polyamide antifouling, sans nœuds, avec des maillages adaptés au stade des poissons.

II.1.14.2.2 Bassins à terre :

Les bassins terrestres sont en béton ou résine, avec des surfaces allant de 100 à 1 000 m² et une profondeur de 1 à 2 mètres.

Ils sont équipés de systèmes de filtration et d'oxygénation, avec une circulation d'eau assurée soit par pompage d'eau de mer, soit par un système en circuit fermé (recyclage), (BLANCHETON, 2000).

Ces bassins sont principalement utilisés pour l'élevage larvaire, le sevrage et le pré-grossissement, permettant un contrôle rigoureux des paramètres physico-chimiques.

II.1.14.3 Modes d'élevage :

II.1.14.3.1 Reproduction et élevage larvaire de la daurade royale :

Caractéristiques reproductives et hormonales :

La daurade royale est une espèce hermaphrodite successive de type protandre, ce qui signifie qu'elle naît en tant que mâle et se transforme en femelle au cours de son développement. En conditions contrôlées, la reproduction naturelle s'obtient facilement. Chaque femelle peut produire annuellement jusqu'à un million d'œufs par kilogramme de poids, répartis sur plusieurs pontes. Les œufs, d'environ 0,9 mm de diamètre, donnent naissance à de très petites larves mesurant moins de 3 mm et ne pesant que quelques fractions de milligramme.

La reproduction peut être maîtrisée tout au long de l'année en modulant la température de l'eau et la photopériode (durée d'exposition à la lumière) (REGRAGUI, 2020).

Alimentation des larves :

Le régime alimentaire des larves suit les étapes classiques de l'élevage des poissons marins :

Dans un premier temps, elles sont nourries de rotifères (0,15 à 0,25 mm), phase critique du développement,

Ensuite, elles consomment des larves de petits crustacés (Artémia au stade nauplius, de 0,4 à 0,5 mm).

Enfin, lorsqu'elles atteignent un poids compris entre 20 et 50 mg (après environ un mois d'élevage à 20 °C), elles peuvent être alimentées avec des micro-granulés.

Selon les conditions climatiques, il faut entre 18 et 24 mois pour produire des individus de taille marchande, pesant entre 300 et 500 grammes (REGRAGUI, 2020).

II.1.14.3.2 Phases de l'élevage post-larvaire :

Le sevrage et la nurserie :

À ce moment du cycle d'élevage, l'alimentation des alevins passe progressivement des proies vivantes à des aliments inertes, le plus souvent présentés sous forme de granulés (Barnabé, 1991).

Les jeunes poissons, dont le poids varie généralement entre 1 et 5 grammes, demeurent fragiles et connaissent une phase de croissance accélérée, ce qui ne leur permet pas d'être transférés immédiatement dans les installations de grossissement définitives. Pour garantir leur développement dans des conditions optimales, ils sont donc placés dans une unité de transition appelée nurserie, où ils poursuivent leur adaptation en toute sécurité. (HELLIN & FAO, 1986)

Le pré-grossissement :

Une fois la période en nurserie terminée, les jeunes poissons sont placés dans des bassins intermédiaires de volume moyen, généralement compris entre 60 et 100 mètres cubes. La durée de cette étape varie en fonction des paramètres d'élevage, comme la température de l'eau : elle s'étend sur environ cinq mois dans des conditions tempérées, mais peut atteindre dix mois lorsque les poissons doivent hiverner. À l'issue de cette période, les poissons atteignent un poids unitaire moyen d'environ 70 g, ce qui permet leur transfert vers les installations de grossissement final. À la fin de cette phase, la densité d'élevage atteint environ 15 kg/m³, avec des individus pesants entre 300 et 500 g en moyenne (HELLIN & FAO, 1986).

Le grossissement :

La daurade royale peut être élevée selon divers systèmes aquacoles, allant des étangs et lagunes côtières en mode extensif ou semi-intensif, jusqu'aux cages en mer et installations à terre en élevage intensif.

Ces méthodes diffèrent fortement, notamment en ce qui concerne **la densité de population et la nature de l'alimentation** utilisée (FAO, 2014).

II.1.15 L'aquaculture intensive :

II.1.15.1 Elevage dans les cages :

Les grandes cages d'élevage : châssis constitué de gros tuyaux en polyéthylène haute densité (PEHD) ou en acier vide. Dans les petites cages : on utilise communément des fûts en plastique vides liés à l'ossature de la cage (PICCOLOTTI, 2014).

II.1.15.2 Empoissonnement des cages Les paramètres zootechniques :

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

L'empoissonnement des cages en aquaculture repose sur plusieurs paramètres zootechniques essentiels :

- **Biomasse** (exprimée en kg) : correspond au poids total du cheptel piscicole, calculé en multipliant le poids moyen par le nombre de poissons.
- **Volume d'élevage** (exprimé en m³) : désigne la capacité de la cage à accueillir les poissons, c'est-à-dire le volume disponible pour l'élevage.
- **Densité d'élevage initiale** (kg/m³) : ratio entre la biomasse introduite et le volume d'élevage disponible.
- **Densité finale d'élevage** (kg/m³) : rapport entre la biomasse totale atteinte à la fin du cycle de production et le volume d'élevage.
- **Potentiel de production** (en kg) : calculé en multipliant la densité finale par le volume d'élevage, ce qui donne une estimation du rendement attendu.
- **Taux de mortalité** (exprimé en %) : proportion de poissons perdus au cours du cycle de production, que ce soit par mortalité naturelle ou évasion (PICCOLOTTI, 2014).

II.2 Bioaccumulation des métaux lourds :

II.2.1 Mécanismes généraux :

La bioaccumulation correspond à un processus par lequel un organisme absorbe une substance plus rapidement qu'il ne peut l'éliminer par métabolisation ou excrétion.

Chez les espèces animales, qu'elles soient aquatiques ou terrestres, elle résulte de l'absorption combinée par voie directe (milieu) et voie alimentaire (CASAS, 2005). Les organismes aquatiques absorbent les contaminants présents dans leur environnement, en particulier ceux qui sont hydrophobes. Ces substances lipophiles ont tendance à se concentrer dans les tissus riches en graisses, où elles s'accumulent en raison de leur faible dégradabilité. Lorsqu'elles sont difficilement métabolisables, elles peuvent s'accumuler progressivement le long de la chaîne alimentaire, en passant de la proie au prédateur (BENDADA et BOULAKRADECHE, 2011).

Ce phénomène se décline en trois étapes :

- ❖ **L'assimilation,**
- ❖ **La bioaccumulation individuelle** (ou bioconcentration),
- ❖ **La bioaccumulation trophique** (ou bioamplification) (MIQUEL, 2001).

II.2.1.1 Assimilation :

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

Selon MIQUEL (2001), l'exposition aux polluants s'effectue principalement par deux voies : la voie externe, par simple contact, qui entraîne un phénomène d'adsorption, et la voie interne, par absorption ou assimilation. Toutefois, toute absorption n'implique pas systématiquement un risque pour l'organisme. En effet, la toxicité dépend à la fois de la concentration du polluant et de sa forme soluble, seule cette dernière étant réellement assimilable. Les fractions insolubles, quant à elles, sont généralement éliminées par différentes voies : fécale, urinaire ou encore cutanée, via la transpiration.

La forme soluble, dite biodisponible, peut se fixer dans certains organes spécifiques, un phénomène appelé organotropisme. Cette affinité particulière est liée soit à la fonction biologique de l'organe — par exemple, le foie, qui joue un rôle central dans la métabolisation, ou les reins, impliqués dans l'excrétion — soit à ses caractéristiques physico-chimiques. Ainsi, certains métaux comme le plomb peuvent s'accumuler dans les os en raison de leur affinité avec le calcium.

Par ailleurs, chaque métal présente un comportement distinct dans l'organisme. Le cadmium, par exemple, se localise essentiellement dans le tube digestif, le foie et les reins. Le plomb, de son côté, peut se retrouver dans la peau, les muscles et la colonne vertébrale. Quant au mercure, sous sa forme organique, il est capable de traverser les barrières biologiques pour atteindre le système nerveux ainsi que le fœtus (MIQUEL, 2001).

II.2.1.2 Bioconcentration :

La bioconcentration constitue un cas particulier de la bioaccumulation. Elle désigne le processus par lequel une substance chimique atteint, dans un organisme vivant, une concentration supérieure à celle présente dans le milieu ambiant, notamment l'eau. Ce phénomène résulte d'un transfert direct des polluants de l'eau vers les organismes aquatiques, sans passer par la chaîne alimentaire. Selon RAMADE (1992) et TAGHEZOUT (2015), la bioconcentration correspond à la concentration d'une substance atteinte à l'état d'équilibre dans l'organisme.

II.2.1.3 Bioamplification :

La bioamplification, également appelée biomagnification trophique, désigne le phénomène par lequel la concentration de certaines substances persistantes et liposolubles augmente progressivement à mesure que l'on monte dans la chaîne alimentaire. Autrement dit, ces polluants s'accumulent dans les tissus des organismes, et leur concentration devient plus élevée

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

chez les prédateurs que chez leurs proies, depuis les producteurs primaires jusqu'aux espèces situées au sommet des réseaux trophiques. (VAUFLEURYE et al., 2010).

II.2.2 Facteurs influençant la bioaccumulation :

L'accumulation des métaux lourds chez les poissons constitue un processus complexe, influencé par une multitude de facteurs interdépendants, à la fois liés à la nature des contaminants, aux conditions environnementales et aux caractéristiques physiologiques des organismes aquatiques. D'une part, les concentrations environnementales en métaux, présentes dans l'eau et les aliments, représentent un facteur déterminant dans le processus d'absorption et d'accumulation dans les tissus. À cela s'ajoutent les propriétés physico-chimiques du milieu aquatique, telles que la salinité, le pH et la température, qui modulent la biodisponibilité des métaux.

D'autre part, des paramètres physiologiques comme la taille et l'âge des poissons — intimement liés à la durée d'exposition — influencent de manière significative le degré de bioaccumulation. Enfin, le patrimoine génétique propre à chaque espèce joue également un rôle non négligeable dans la sensibilité des poissons à absorber et à retenir ces contaminants métalliques au sein de leurs tissus (BARBOZA, 2015).

II.3 Impact de l'élevage de poissons sur leur contamination :

II.3.1 Sources de contamination de l'élevage :

En aquaculture, plusieurs vecteurs peuvent exposer les poissons élevés aux métaux lourds. L'eau de mer utilisée dans les fermes marines piscicoles constitue une source majeure lorsque celle-ci est significativement contaminée par ces éléments traces. S'y ajoutent également les aliments distribués durant l'élevage, tels que les farines et huiles de poisson, qui peuvent accumuler certains métaux toxiques. D'autres intrants entrant dans la composition des nourritures, comme les compléments minéraux et vitaminiques, apportent aussi leur lot quotidien de métaux dans les bassins aquacoles. Enfin, les traitements préventifs à base de produits antimicrobiens et antiparasitaires constituent un vecteur d'exposition non négligeable pour ces élevages (COULIBALY et al., 2018).

II.3.2 Modulation de la bioaccumulation :

Comparés aux poissons vivant en milieu naturel, les individus issus de l'aquaculture présentent plusieurs caractéristiques pouvant favoriser l'accumulation de métaux lourds. D'une part, les densités élevées de population dans les bassins augmentent le risque d'exposition collective aux contaminants. D'autre part, le contrôle strict de l'alimentation durant la phase d'engraissement ne permet pas toujours de réduire efficacement les apports quotidiens en substances toxiques. De plus, la stabilité des conditions physicochimiques dans les installations aquacoles peut faciliter

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

l'absorption de ces éléments par les organismes. Enfin, les traitements vétérinaires répétés, notamment les cures antimicrobiennes et antiparasitaires, représentent une source additionnelle de métaux lourds dans ces environnements semi-fermés (DEANNA, 2023).

II.4 Études antérieures de contamination de *S. aurata* :

II.4.1 Revue des travaux et principaux résultats :

Ces dernières années, plusieurs études scientifiques ont mis en évidence une contamination significative par divers métaux lourds dans les tissus de daurades (*Sparus aurata*) élevées en Méditerranée. Par exemple, une enquête menée dans des fermes marines en Grèce a révélé des concentrations préoccupantes de cadmium, de plomb, de chrome et de nickel, dépassant localement les seuils sanitaires autorisés. Du mercure et de l'arsenic y ont également été détectés (DEANNA, 2023).

De leur côté, des chercheurs turcs ont observé une bioaccumulation marquée de cadmium et de plomb dans le foie et les reins de cette espèce aquacole, suggérant de possibles risques toxicologiques. Des taux élevés de cuivre et de zinc dans les tissus ont aussi été signalés (DOĞAN, 2022).

Par ailleurs, une étude italienne a mis en évidence une forte variabilité des niveaux de contamination entre différents élevages, principalement influencée par l'âge des poissons et la nature de leur alimentation (MHALHEL.K.,2023).

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que la daurade (*Sparus aurata*) est particulièrement vulnérable à l'accumulation de métaux traces lorsqu'elle est élevée en mer.

II.5 Impact connu du changement climatique :

La dorade royale réagit fortement aux changements de température de son environnement aquatique, ces variations ayant un impact direct sur ses fonctions métaboliques., sa prise alimentaire et sa croissance. L'absorption d'oxygène par l'organisme varie selon les fluctuations thermiques, tant que celles-ci restent dans sa zone de tolérance physiologique. En aquaculture, il a été observé que 12 °C constitue un seuil critique en dessous duquel la dorade cesse de s'alimenter (IBARZ et al., 2003).

La température joue également un rôle clé dans le développement larvaire des espèces marines. Selon MADEIRA et al. (2016), elle figure parmi les facteurs environnementaux décisifs durant les premiers stades de vie. D'après les travaux expérimentaux de POLO et al. (1991), les conditions thermiques contrôlées peuvent permettre une survie des œufs dans des plages plus larges que celles rencontrées dans le milieu naturel.

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

Une recherche réalisée en 2006 dans une zone côtière de la mer d'Irlande a mis en évidence la présence de jeunes dorades, aux stades post-larvaires et juvéniles, durant la saison estivale. Cette observation pourrait indiquer un déplacement de l'espèce vers des latitudes plus septentrionales, en lien avec le réchauffement progressif des eaux (FAHY et al., 2005). Cette hypothèse est appuyée par l'augmentation des captures dans la région, indiquant une possible reproduction locale.

De manière similaire, SAGUET (2016) a démontré une corrélation marquée entre l'élévation des températures de surface dans le golfe de Gascogne et l'augmentation des captures débarquées en criée, ainsi que des indices d'abondance (CPUE) observés chez les chalutiers et fileyeurs opérant dans la partie nord du golfe.

Chapitre III :
Zone d'étude

Chapitre III : Zone d'étude

III. Zone d'étude

La nouvelle ferme aquacole "Aquarital », Surcouf, est située sur le littoral de la commune d'Aïn Taya, à l'Est d'Alger, dans une zone urbanisée et côtière connue sous le nom de Surcouf Plage (MINISTÈRE CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT - PAP RAC/PAM, 2015).

Elle bénéficie d'un accès direct à la mer Méditerranée, ce qui permet l'élevage de poissons marins comme la dorade et le loup de mer dans des cages flottantes en mer ouverte. (AQUA SPARIDAE, 2025).

III.1 Critères de choix des stations de prélèvement :

Ce chapitre présente une vue d'ensemble de la ferme aquacole de Surcouf, située dans la commune d'Aïn Taya à l'Est d'Alger, en bordure de la mer Méditerranée. Cette zone a été sélectionnée comme site d'étude en raison de son importance stratégique sur le plan aquacole et environnemental. La ferme constitue l'un des projets pionniers de l'aquaculture marine en Algérie, notamment pour l'élevage de la dorade (*Sparus aurata*), et présente des caractéristiques logistiques et techniques adaptées à la recherche. Ce site a également été choisi pour étudier le niveau de contamination par certains métaux lourds dans la chair des poissons d'élevage, dans un contexte soumis à de fortes pressions anthropiques.

Le choix des stations de prélèvement dans cette ferme repose sur plusieurs critères essentiels :

III.1.1 La configuration de la ferme :

La structure s'étend sur une superficie d'environ 50 000 m², correspondant à un rectangle de 1 000 mètres de long sur 500 mètres de large, ce qui permet une répartition méthodique des stations de prélèvement selon les zones d'élevage et les zones périphériques (AQUA SPARIDAE, 2025).

III.1.2 La disposition des cages flottantes :

Les cages d'un diamètre de 25 mètres sont implantées de manière à optimiser la circulation de l'eau et assurer une croissance homogène des poissons. Cette configuration facilite aussi une gestion rigoureuse des densités d'élevage et des conditions sanitaires, éléments essentiels pour interpréter les résultats des analyses de contamination (AQUA SPARIDAE, 2025).

III.1.3 L'influence des apports anthropiques :

La région de Surcouf à Aïn Taya est une zone fortement urbanisée, soumise à diverses pressions environnementales telles que les rejets urbains, la proximité de zones touristiques et d'activités portuaires. Ces facteurs augmentent le risque de pollution et justifient pleinement l'intérêt de mener des analyses ciblées pour évaluer leur impact sur l'environnement aquacole et les poissons élevés (MINISTERE CHARGE DE L'ENVIRONNEMENT - PAP RAC/PAM, 2015).

III.1.4 La dynamique marine locale :

La sélection des stations de prélèvement doit également tenir compte de la dynamique marine de la zone : direction et vitesse des courants, proximité des sources potentielles de pollution (exutoires, zones de baignade, etc.) ainsi que la variabilité spatiale de la qualité de l'eau. Ces éléments influencent directement la dispersion des polluants et peuvent affecter différemment les différentes zones de la ferme.

En résumé, la ferme de Surcouf offre un cadre pertinent pour l'étude des interactions entre pratiques aquacoles, pressions anthropiques et qualité environnementale, tout en permettant une logistique d'échantillonnage efficace grâce à sa proximité et son accessibilité (DUPONT et MARTIN., 2023).

III.2 Caractéristiques de la ferme :

La ferme aquacole est située à Surcouf Plage, dans la commune d'Aïn Taya à l'Est d'Alger, sur la côte méditerranéenne algérienne. Elle constitue un projet pionnier dans le domaine de l'aquaculture marine en Algérie, spécialisée dans l'élevage de poissons tels que la dorade (*Sparus aurata*) et le loup (*Dicentra chus labrax*), ainsi que dans la conchyliculture avec l'élevage de moules méditerranéennes (*Mytilus galloprovincialis*) et d'huîtres creuses. La ferme s'étend sur une superficie d'environ 50 000 m² (1 000 m x 500 m) et utilise des cages flottantes de 25 mètres de diamètre, conçues pour résister aux conditions de la mer ouverte et permettre une gestion optimale des densités d'élevage. Elle est également dotée de structures filières en subsurface et de soucoupes ballastables adaptées à l'élevage des mollusques. L'installation des structures prend environ un an, suivie de l'ensemencement en naissain. Un système de triage performant permet de trier jusqu'à 150 poissons par minute. La gestion de l'exploitation repose sur un suivi rigoureux de la qualité de l'eau, une alimentation adaptée aux espèces élevées, et un contrôle sanitaire strict pour limiter les maladies. La ferme vise à vulgariser les produits

aquacoles sur le marché algérien et prévoit la création d'un laboratoire sur site pour renforcer la recherche et la qualité des productions. Une extension de l'activité vers d'autres espèces de poissons est également envisagée. Sur le plan socio-économique, cette ferme joue un rôle important en matière de création d'emplois et de formation professionnelle dans le secteur aquacole. Établie dans une zone côtière urbaine soumise à diverses pressions anthropiques, elle requiert un suivi environnemental rigoureux pour garantir la durabilité de l'activité et la qualité des produits. (BERDANE, M. A. 2019).

III.3 Localisation géographique précise :

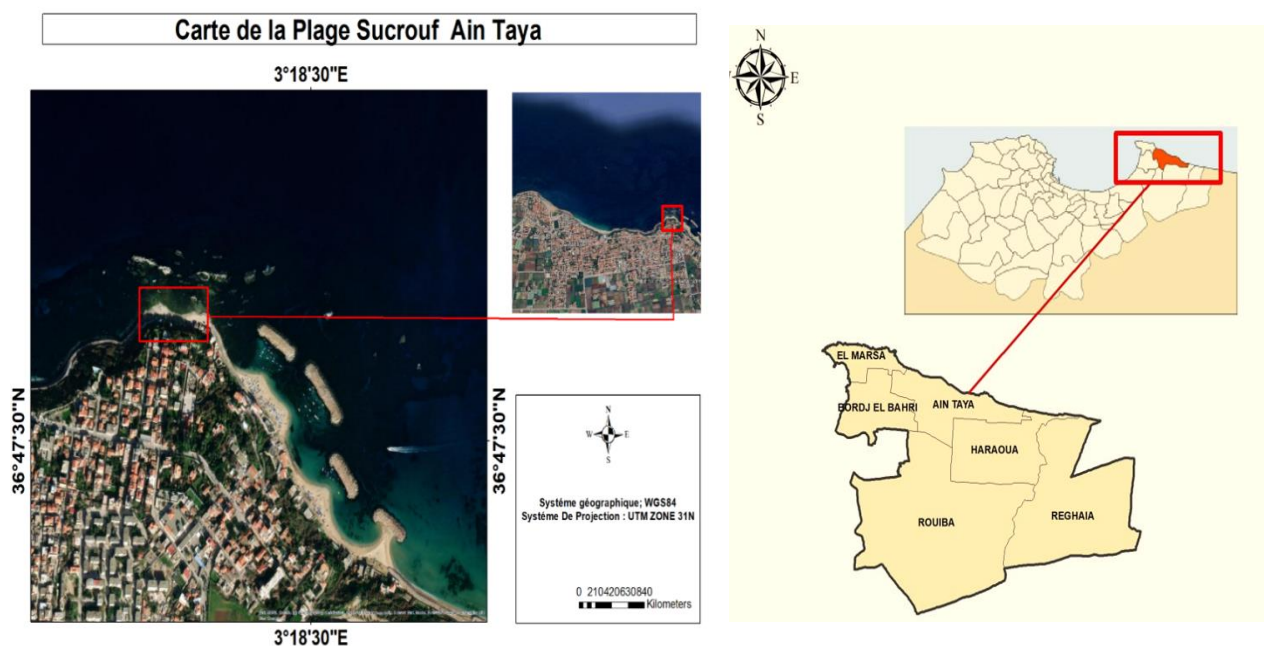
Les coordonnées de la zone de Surcouf (AÏN CHORB) sont : $36^{\circ}47'30''\text{N}$, $3^{\circ}18'27''\text{E}$. (BENABDI, M. 2015).

Les stations de prélèvement peuvent être réparties :

À l'intérieur des cages d'élevage pour évaluer directement la qualité de l'eau et la contamination potentielle des poissons.

À proximité des limites de la ferme, en amont et en aval par rapport aux courants dominants, pour détecter d'éventuels apports externes ou gradients de pollution.

Près des points d'entrée d'eau et des éventuels exutoires urbains ou industriels pour surveiller



l'impact des activités humaines sur la ferme.

Figure 7: carte de la plage Surcouf de la commune Ain Taya réalisée avec Arc GIS

III.4 Climatologie :

La ferme aquacole est située à Surcouf Plage, dans la commune d'Aïn Taya, à l'Est d'Alger, en bordure de la mer Méditerranée. Cette région bénéficie d'un climat typiquement méditerranéen, caractérisé par des étés chauds, secs et ensoleillés, ainsi que des hivers doux à frais, partiellement nuageux et plus humides (Voir figure 8). L'influence maritime joue un rôle important en atténuant les extrêmes de température tout au long de l'année.

Au, les températures matinales varient entre 16 et 18 °C, les températures diurnes entre 19 et 24 °C, tandis que les températures nocturnes oscillent entre 12 et 16 °C. La température de l'eau à cette période est d'environ 16 à 17 °C.

En été (de juin à septembre 2024), les températures moyennes en journée se situent entre 25 et 32 °C, dépassant rarement 35 °C, avec des nuits généralement douces, rarement inférieures à 20 °C.

Pendant l'hiver (de décembre 2024 à février 2025), les températures journalières varient entre 10 et 18 °C, et descendent rarement en dessous de 8 °C la nuit.

Ce climat stable et modéré constitue un environnement particulièrement favorable au développement de l'aquaculture marine (ONM, 2024).

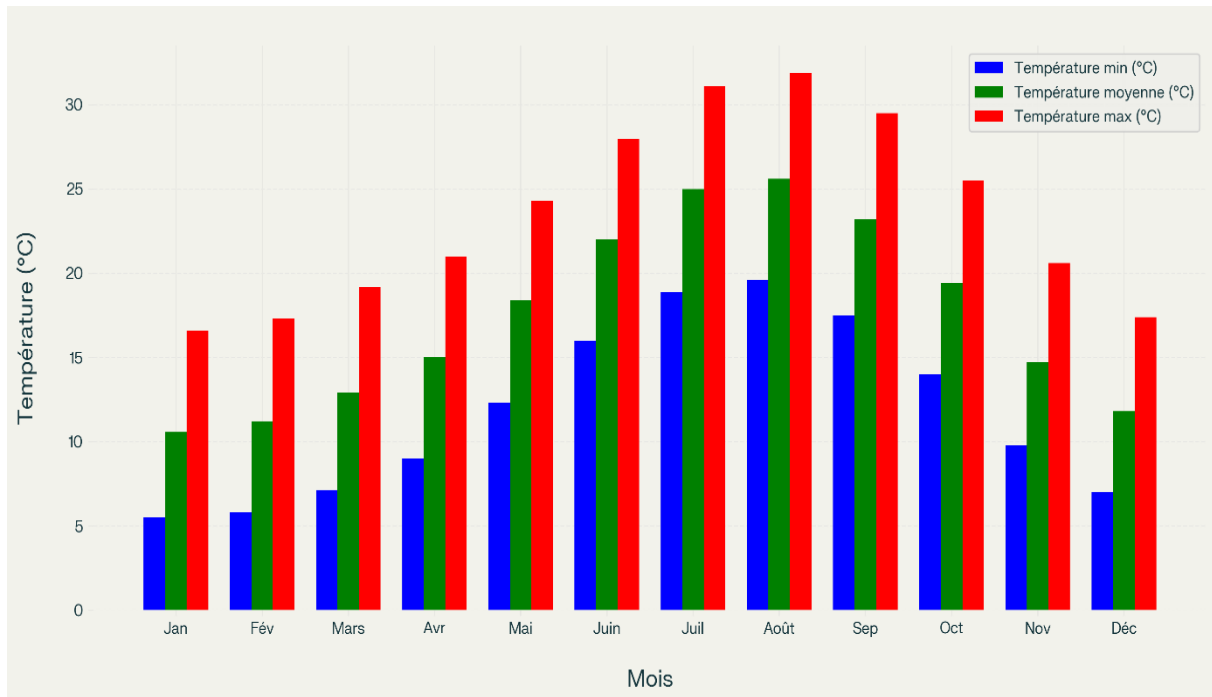


Figure 8: Histogramme des températures mensuelles (min, moyenne, max) à Surcouf (Ain Chorb) 2004-2024 (ONM, 2024).

III.5 Précipitations :

Automne 2022 arrosé : Environ 150 - 200 MM.

Hiver 2022-2023 dans la norme : Environ 120 - 150 MM.

Printemps 2023 déficitaire : Environ 40 - 60 MM.

Été 2023 quasi-absence de pluies : < 5 mm (HAOUARI, M. 2024).

III.6 Régime des vents :

Vents dominants de secteur Nord-Nord-Est à l'Est, conformément aux habitudes régionales.

Épisodes ponctuels de vents forts du Sud-Est en hiver, avec des rafales pouvant atteindre 40 à 50 nœuds.

Régime marqué de brises thermiques en été, favorisant des vents légers à modérés en journée.

(ONM, 2024).

III.7 Réseau hydrographique :

Le territoire de la commune d'Aïn Taya ne compte aucun cours d'eau permanent ; son réseau hydrographique se compose principalement d'oueds saisonniers, actifs uniquement lors des précipitations hivernales. À la différence d'autres zones de la wilaya d'Alger, aucun oued

important ne le traverse, ce qui rend la commune largement tributaire de ses sources naturelles et de son environnement côtier. (CHENIT, 2012) et (ONEA 2021).

III.8 Bassins versants associés :

Ce sous-bassin est un des bassins côtiers de la wilaya d'Alger, avec une superficie d'environ 78 633 hectares. Il englobe la zone urbaine d'Aïn Taya et les communes voisines telles que Réghaïa, Rouïba, et Boudouaou. (République Algérienne Démocratique et Populaire, 2020).

L'Oued Réghaïa :

Situé à l'est d'Aïn Taya, ce bassin draine une zone mixte urbaine et agricole. L'embouchure de l'Oued Réghaïa forme la zone humide protégée de Réghaïa, classée site Ramsar d'importance internationale (MEDMPANET. 2012)

L'Oued El Hamiz :

Ce bassin d'environ 45 km de longue traverse des zones urbaines et industrielles proches d'Aïn Taya, jouant un rôle clé dans le drainage des eaux pluviales et industrielles vers la baie d'Alger (BOUCHAIB, Y. 2023).

III.9 Régime hydrologique :

Le régime hydrologique de la zone d'Aïn Taya est typique du climat méditerranéen, caractérisé par des écoulements irréguliers et temporaires. Les débits des cours d'eau atteignent leur maximum en hiver, période durant laquelle les pluies sont les plus abondantes. En revanche, l'été est marqué par des étiages sévères, avec une forte diminution des débits, voire un assèchement temporaire des oueds pérennes. Cette région est également sujette à des risques de crues soudaines, provoquées par des épisodes de pluies torrentielles hivernales. Ces caractéristiques imposent une gestion attentive des ressources en eau, notamment pour faire face aux variations saisonnières importantes et aux risques d'inondation. (MedMPAnet, 2012) et (République Algérienne Démocratique et Populaire, 2020).

Chapitre IV :
Matériel et
méthodes

Chapitre IV : Matériel et méthode

IV. Travaux effectués sur terrain :

IV.1 Prélèvement :

- Prélèvement des échantillons du daurade royale a la ferme aquacole de Surcouf de la commune d'Aïn Taya, à l'est d'Alger
- L'utilisation d'un filet de pêche pour la collecte de plusieurs espèces de différentes tailles.
- Conservation des échantillons prélever dans des sachets plastiques étiquetés
- Transport sécurisé des échantillons au laboratoire a l'intérieur d'une glacière à -4 °C
- Au cours de l'échantillonnage et transport, la précaution contre la contamination est toujours importante.

IV.2 Travaux effectués au laboratoire :

IV.2.1 Conditionnement du matériel utilisé :

Pour l'acquisitions des résultats claire, correct et sans contamination, tout instrument et verrerie doivent être minutieusement nettoyés et conditionnés avant chaque utilisation selon le protocole suivant :

- Lavage aux détergents commerciaux,
- Rinçage avec l'eau courante,
- Rinçage à l'eau bidistillée ; obtenue sur un système MILLI Q (annexes),
- Séchage à l'étuve à 70 °C pour le matériel en verre et en téflon et à 40°C pour le matériel en polyéthylène et en plastique,
- Rinçage à l'eau acidulée à 10% préparée à partir de l'acide chlorhydrique
- Rinçage à l'eau bidistillée,
- Séchage à l'étuve.

IV.3 Prétraitement des échantillons :

Au niveau de laboratoire de biochimie de l'ENSSMAL, nous avons utilisé des outils (Ciseaux, couteau... etc.) en inox pour garantir une dissection et purification correcte et sans contamination de la daurade échantillé.

Nous avons commencé par mesurer les tailles des poissons avec un ichtyomètre et les classer en deux groupes ; ceux supérieurs à 22 cm et l'autre inférieur a 22 cm. Ensuite nous avons retiré les arêtes, les têtes, les nageoires et les écailles des daurades et les jetées., Nous avons ensuite extrais et séparé les chaires des deux classes et les conserver dans des piluliers en plastique bien

fermés et étiquète. Après, nous avons placé les échantillons au congélateur a une température de (-19) °C pour les conserver en vue de leur lyophilisation.

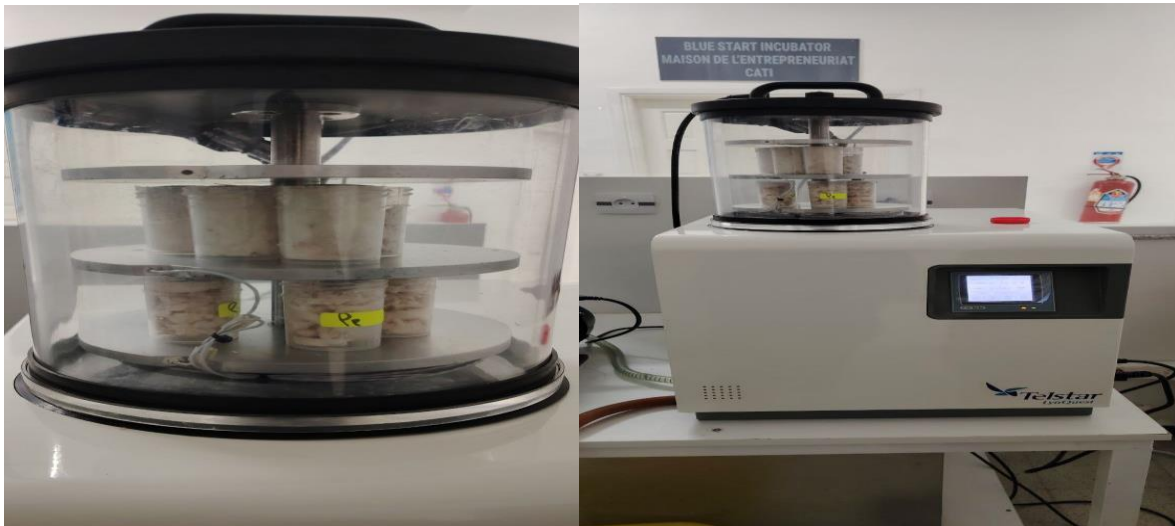
IV.4 Traitement des échantillons :

IV.4.1 Lyophilisation :

La lyophilisation est la dessiccation d'un produit préalablement congelé, par sublimation sous pression sans passer par l'état liquide. Dans notre cas, le soulevant sublimer est l'eau.

A la fin du processus nous avons un produit sec qui préserve ses propriétés chimiques initiales telles que des médicaments et d'autres produits sensibles à l'humidité.

Les échantillons congelés sont mis à sécher dans le lyophilisateur à -56.9 °C et sous pression



(10^{-1} bar) pendant 72 heures par un lyophilisateur (modèle CHRIST BETTA 1-8).

Figure 9: Lyophilisation de modèle Christ

IV.4.2 Broyage :

Les deux classes des échantillons lyophilisés sont broyés séparément à l'aide d'un broyeur en porcelaine manuel jusqu'à obtention d'une poudre fine. La poudre obtenue est ensuite transférée dans des piluliers en plastique et stockée dans un dessiccateur contenant du gel de silice activé,



afin d'éviter toute reprise d'humidité

Figure 10: Mortier avec pilon en porcelaine

IV.4.3 Analyse des métaux lourds :

IV.4.3.1 Extraction des métaux lourds :

La méthode utilisée dans les analyses des métaux lourds est la méthode d'extraction du métal total contenu dans l'échantillon.

IV.4.3.2 Principe de la digestion ou de « la minéralisation » :

La minéralisation est effectuée par attaque acide à chaud et sous pression. Cette digestion permet de libérer les différents métaux bioaccumulés par la partie chair des daurades par extraction et mise en solution pour faciliter le dosage par absorption atomique.

IV.4.3.3 Le protocole expérimental :

Le protocole décrit est celui adopté par (CHARLOU et JOANNY ,1983) et (U.N.E.P. /I.A.E.A. 1985 a, 1985 b, 1986 a, 1986 b). Mais a voyant la différence des réactifs et du matériel disponible au laboratoire, certaines étapes sont modifiées.

IV.4.3.4 Minéralisation des échantillons :

Selon le protocole décrit par l'AIEA (1998), la minéralisation a eu lieu sous hotte aspirante dans un godet en téflon.

Nous avons pesé environ 0.5g de la chair de daurade royale lyophilisée de chaque classe, ensuite nous avons ajouté 5 ml de HNO₃ avant de hermétiquement fermer les godets.

Nous avons ensuite laissé les échantillons à température ambiante pendant une heure sous la hotte afin d'éviter un début de réaction trop brusque.

Puis, nous les avons mis dans un four à microonde de digestion programmé selon le protocole de minéralisation d'un biote pendant 15 min.

Après 15 minutes, nous avons laissé les échantillons sous la hotte pour qu'ils se refroidissent.

Ensuite, nous avons transféré les échantillons hors des godets en des tubes en polypropylène de 50 ml.

Après le rinçage des godets 3 fois afin de récupérer les échantillons qui peuvent être coincés sur les côtés des godets, nous avons ajusté jusqu'au trait de jauge de 50 ml avec l'eau bidistillée.

Nous avons bien agitée les solutions, et on a terminé par les conserver au réfrigérateur à + 4°C jusqu'au moment du dosage afin d'éviter toute perte et contamination (AIEA, 2001).

IV.4.3.5 Minéralisation à blanc :

Nous avons versé 5 ml d'acide nitrique (HNO_3) concentré à 69 % dans chaque godet.

Puis nous les avons fermés hermétiquement à clé manométrique de pression 22,5N/m², avant de les laisser sous la hotte à température ambiante pendant 1 heure.

Nous avons continué avec le même procédé que celui utilisé pour la minéralisation des échantillons, suivant le protocole établi.

La méthode de dosage utilisée est la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).



Figure 11: les étapes de minéralisation

IV.4.3.6 Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) :

La spectrophotométrie par absorption atomique (SAA) est une méthode d'analyse quantitative qui repose sur l'absorption de rayonnements lumineux par des atomes à l'état libre. Cette technique, recommandée pour le dosage des métaux lourds, se caractérise par sa simplicité de

mise en œuvre et son utilisation répandue, avec des protocoles standardisés décrits par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Dans le cadre de l'étude des métaux accumulés chez les daurades, les analyses ont été réalisées selon les procédures expérimentales de l'AIEA, en utilisant un spectrophotomètre Hitachi modèle Z-5000. Cet appareil intègre trois modes d'atomisation (four graphite, flamme) et dispose d'un système de correction d'arrière-plan par effet Zeeman, conformément aux spécifications techniques du fabricant.

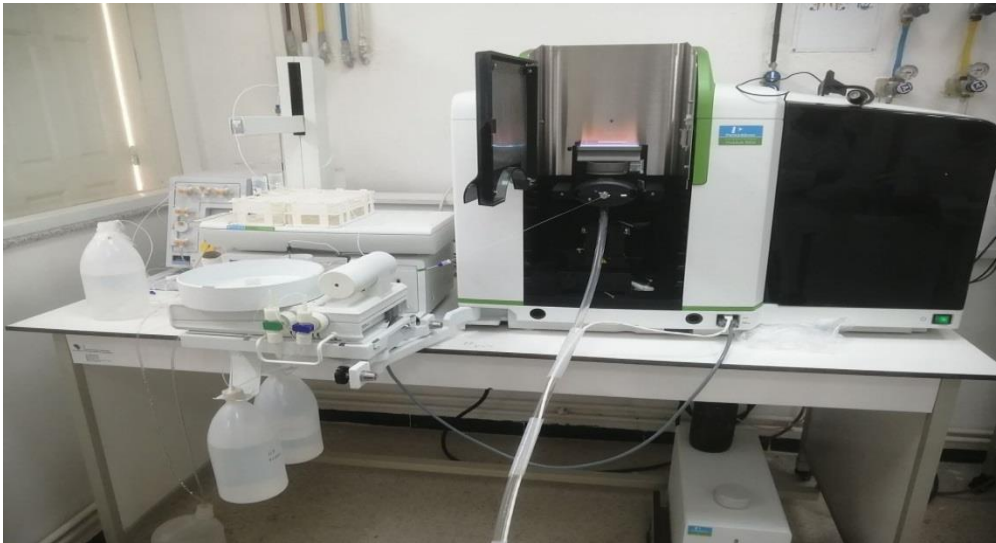


Figure 12: Spectrophotométrie d'absorption atomique

IV.4.3.7 Principe de la SAA :

Le fonctionnement du SAA repose sur un rayon monochromatique d'intensité et de longueur d'onde donnée qui est émis par une source de radiation (lampe), ce rayon traverse une solution contenant un élément se trouvant sur le chemin optique, l'élément va absorber spécifiquement une partie du rayonnement émis.

Cette absorption est en fonction de l'élément, de sa concentration et de l'épaisseur du milieu traversé.

L'absorption qui correspond à la différence entre l'intensité incidente et l'intensité transmise

$(I_0 - I)$ est enregistrée par un dispositif photoélectrique de l'appareil utilisé. Cette absorbance est proportionnelle à la concentration de l'élément dosé suivant la loi de Beer Lambert.

$$\text{Log } I_0 / I = k.e.c = \text{DO} = \text{Abs}$$

I_0 : Rayon émis

I : Rayon transmis

e : épaisseur de la tranche

c : concentration de l'élément (y)

DO : Densité optique

K : Coefficient d'absorption

Abs : Absorbance

Atomique

IV.4.3.8 Equipement d'un SAA :

Les concentrations des métaux étudiés sont déterminées suivant des méthodes différentes.

- **Flamme air acétylène** : Concernant les métaux essentiels aux concentrations relativement importantes (Cu, Zn, Mn, ...etc.), on utilise la méthode de flamme air acétylène. La surface de l'échantillon est exposée au nébuliseur sous l'action d'un gaz. Celui-ci produit un aérosol qui va être dissocié en atomes par la flamme qui absorbe la lumière émise sous forme de radiation de chaque élément constituant la lampe.
- **Four à graphite** : Les éléments métalliques à concentrations relativement faibles sont analysés à l'aide d'un four à graphite (Cd, Pb ...etc.). C'est un four en graphite de revêtement pyrolytique interne. Le modèle utilisé est de type « HGA 500 » de Perkin Elmer.

Le principe repose sur la volatilisation des échantillons par atomisation dans le four suivant trois cycles de montées de température. 10µl de chaque échantillon sont injectés automatiquement dans le four. Après écoulement du temps de montées de température programmée, l'absorption relative est enregistrée.

IV.4.4 Dosage des échantillons :

Pour tous les métaux étudiés, nous avons utilisé des solutions standards. La calibration du spectrophotomètre est réalisée à partir de trouai solutions (S0, S1, S2) de concentrations croissantes, S0 est le blanc des standards, S1 solution de Classe de taille supérieure à 22 Cm, S2 solution Classe de taille inférieure à 22 Cm

Les absorbances de ces solutions standards sont mesurées, ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage (Absorbance = f (concentrations), pour les faibles concentrations, c'est-à-dire pour les faibles absorbances, la courbe est quasi linéaire, donc de la forme :

$$Y = aX + b$$

Où :

Y : Densité optique (DO)

$$I = I_0 e^{-k \cdot \epsilon \cdot C}$$

X : Concentration du métal à analyser

a : Pente de la courbe

A l'aide de la droite d'étalonnage, nous pouvons déterminer les concentrations inconnues en métaux des échantillons de daurade à analyser.

IV.4.5 Mode de calcul :

La concentration de chaque métal est déterminée à partir de l'équation de la droite d'étalonnage, cette dernière est établie par régression linéaire. Connaissant la densité optique du métal (calculée par le programme), on calcule alors la concentration de l'échantillon.

La concentration du métal dans l'organisme est calculée selon la formule suivante (AISSO, 1982)

$$C_{ps} = C_c * V / P_s$$

Où

C_{ps} : Concentration du métal en poids sec (µg/g).

C_c : Concentration du métal présent dans l'analyse (µg/ml).

P_s : Poids sec corrigé de l'échantillon biologique minéralisé (g).

V : dilution ou le volume de la solution finale après minéralisation (50 ml).

Les analyses des métaux lourds ont été réalisées au laboratoire de l'ENSSMAL « chimie et pollution marine

Chapitre V :
Résultats et
discussions

Chapitre V : Résultats et discussions

Ce chapitre est consacré à l'analyse approfondie des données recueillies au cours de cette étude. Il présente les résultats relatifs aux concentrations de certains métaux détectés dans les échantillons analysés.

Chaque élément est examiné séparément, en comparant les valeurs mesurées aux normes de référence, afin d'évaluer les niveaux de contamination et d'en analyser les implications potentielles sur l'environnement et la santé humaine.

Cette analyse rigoureuse permettra d'identifier les éléments présentant un risque éventuel et de formuler, le cas échéant, des recommandations appropriées pour y remédier.

V. Dosage des métaux lourds :

Des triplicatas ont été analysés et la concentration finale en mg/l a été obtenue par le calcul de la moyenne. la concentration en ug/g a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$C_{ps} = \frac{C_c \cdot V}{P_s}$$

V.1 Dosage des métaux lourds essentiels

V.1.1 Le Zinc :

Solution	Concentration (ug/g)
Classe de Taille supérieure à 22 Cm	16,791
Classe de Taille inférieure à 22Cm	18,766

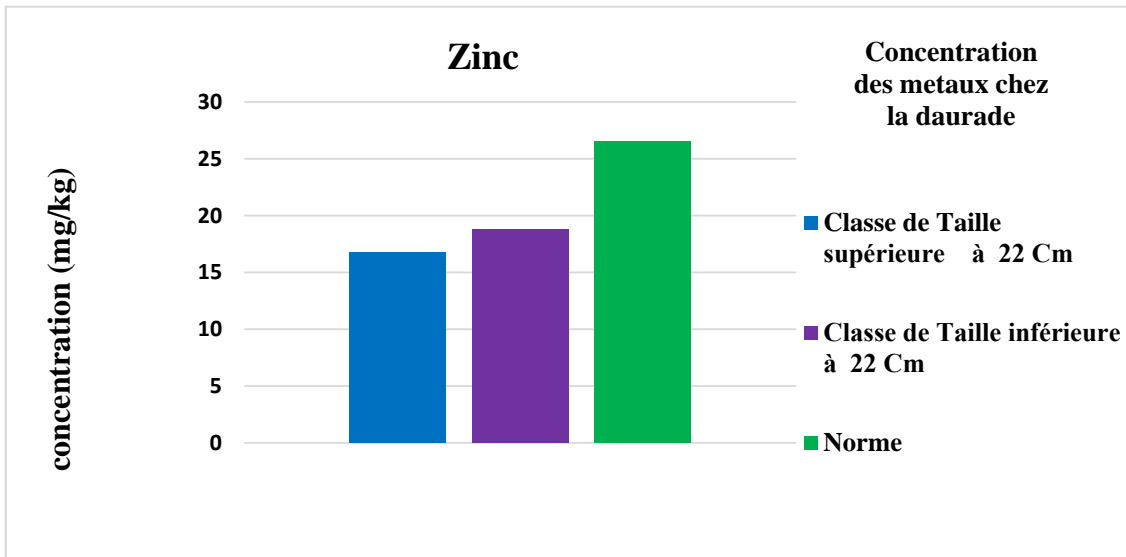


Tableau 6: Les concentrations des solutions de zinc

Figure 13 : comparaison de la concentration du, Zn avec leurs norme correspondantes

V.1.2 Le Cuivre :

Solution	Concentration (ug/g)
Classe de Taille supérieure à 22 Cm	1,248
Classe de Taille inférieure à 22 Cm	1,809

Tableau 7: Les concentrations des solutions de Cuivre

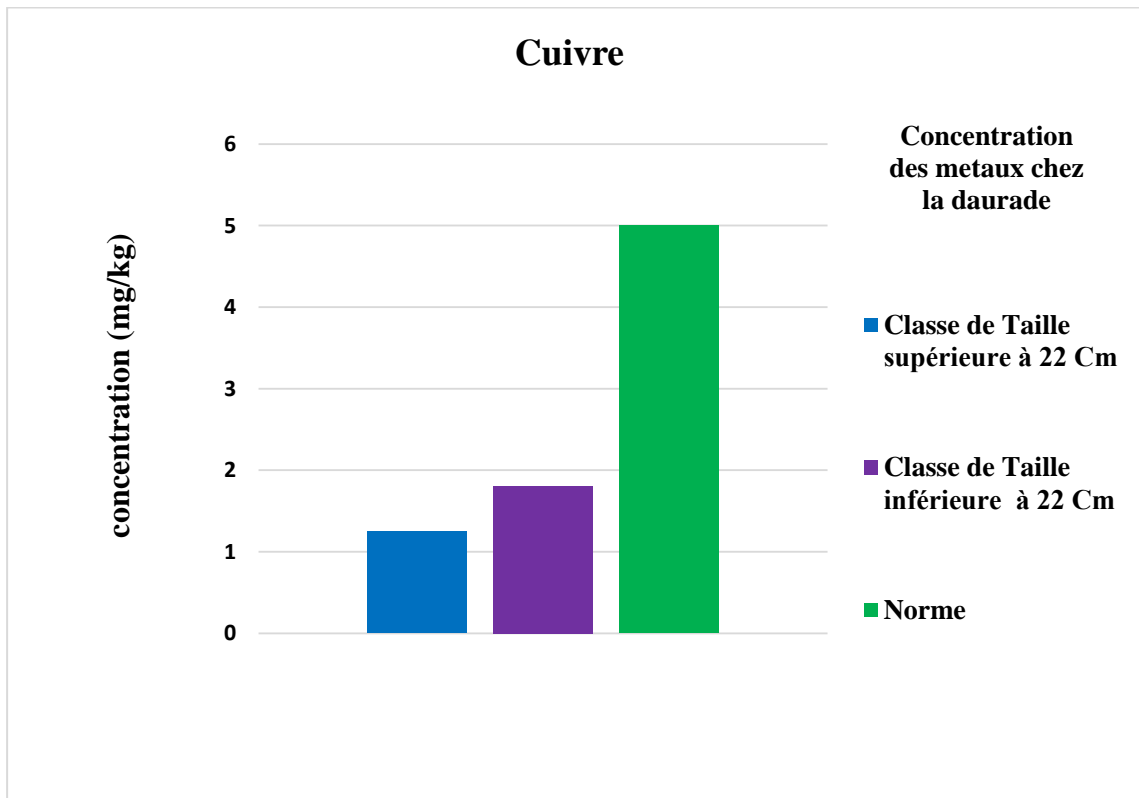


Figure 14: comparaison de la concentration du, Cu avec leurs norme correspondantes

V.1.3 Le Nickel :

Solution	Concentration (ug/g)
Classe de Taille supérieure à 22 Cm	2,014
Classe de Taille inférieure à 22 Cm	0,499

Tableau 8: Les concentrations des solutions de Nickel

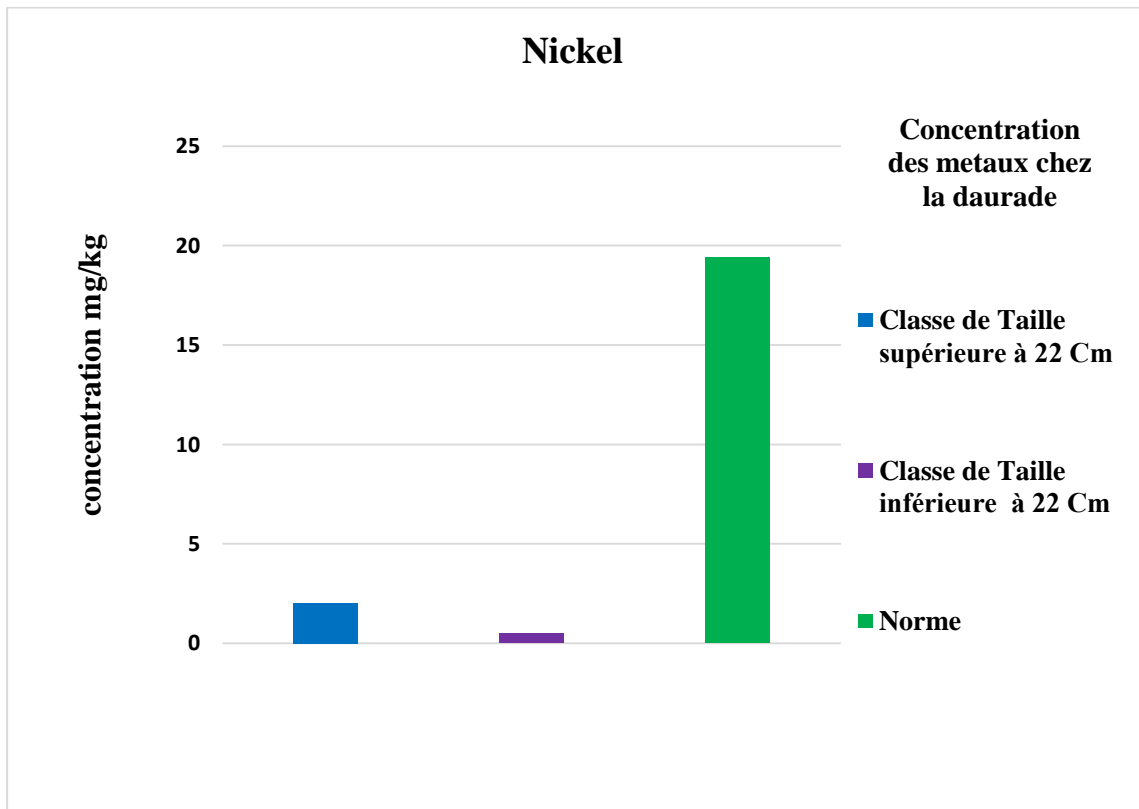


Figure 15: comparaison de la concentration du, Ni avec leur norme correspondante

V.1.4 Le Manganèse :

Solution	Concentration (ug/g)
Classe de Taille supérieure à 22 Cm	< 1,05
Classe de Taille inférieure à 22 Cm	< 1,05

Tableau 9: Les concentrations des solutions de Manganèse

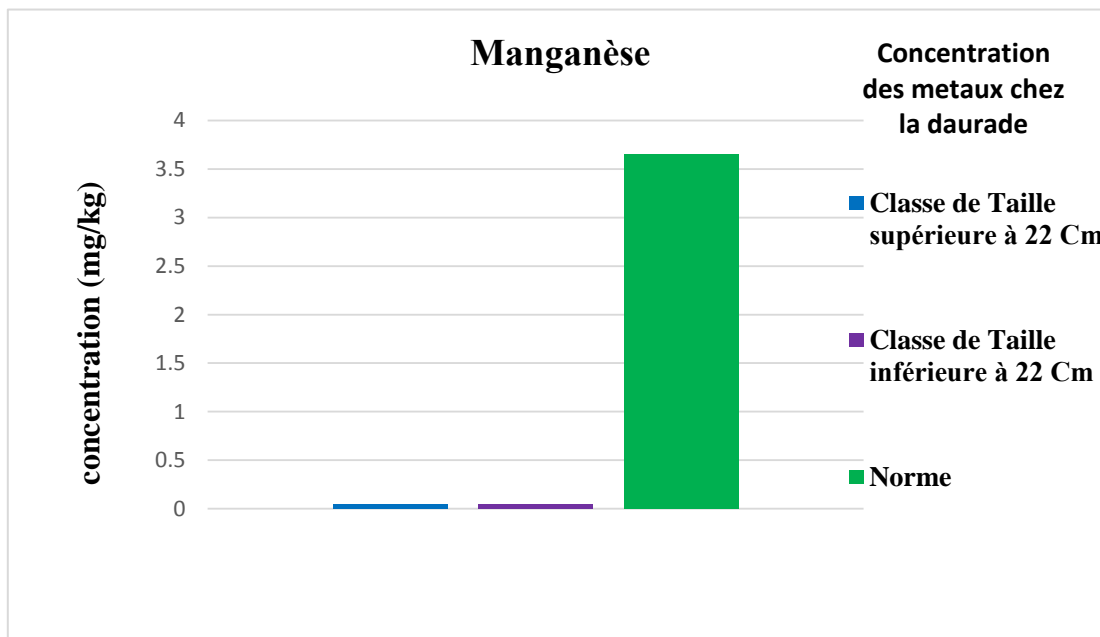


Figure 16: comparaison de la concentration du, Mn avec leurs norme correspondantes

Les figures 13,14, 15 et 16 représentent les concentrations en (mg/kg) du zinc, cuivre, nickel et manganèse avec les normes correspondantes, respectivement, dans la chair de deux classes de taille de dorade élevé.

On remarque dans la figure 13 que les concentrations mesurées de zinc (Zn) pour les échantillons de classe de taille > 22 Cm et < 22 Cm (16,791 mg/Kg et 18,766 mg/Kg), respectivement sont inférieurs à la norme correspondante (26,6 mg/kg).

Dans la figure 14 les concentrations mesurées de cuivre (Cu) pour les échantillons de classe de taille > 22 Cm et < 22 (1.248 mg/Kg et 1.809 mg/Kg), respectivement sont aussi inférieurs à la norme correspondante (5 mg/kg).

Concernant la figure 15 les concentrations mesurées de Nickel (Ni) pour les échantillons de classe de taille > 22Cm et < 22 (2.014 mg/Kg et 0.499 mg/Kg), respectivement sont nettement inférieurs à la norme correspondante (19.4 mg/kg).

Dans la figure 16, les concentrations du Manganèse était sous la limite de détection de la SAA pour les deux classes de tailles donc inférieurs à la norme correspondante (3.66mg/Kg). Ce qui indique que la contamination par le manganèse est éloignée.

La différence entre les valeurs des concentrations des deux classes de tailles dans les figures 13,14 et 15 n'est pas significative.

Ce qui indique que la chair de poisson est sûre pour la consommation en ce qui concerne ces métaux.

V.2 Dosage des métaux lourds toxiques :

V.2.1 Le Cadmium :

Solution	Concentration (ug/g)
Classe de Taille supérieure à 22 Cm	0 ,026
Classe de Taille inférieure à 22 Cm	0 ,017

Tableau 10: Les concentrations des solutions de Cadmium

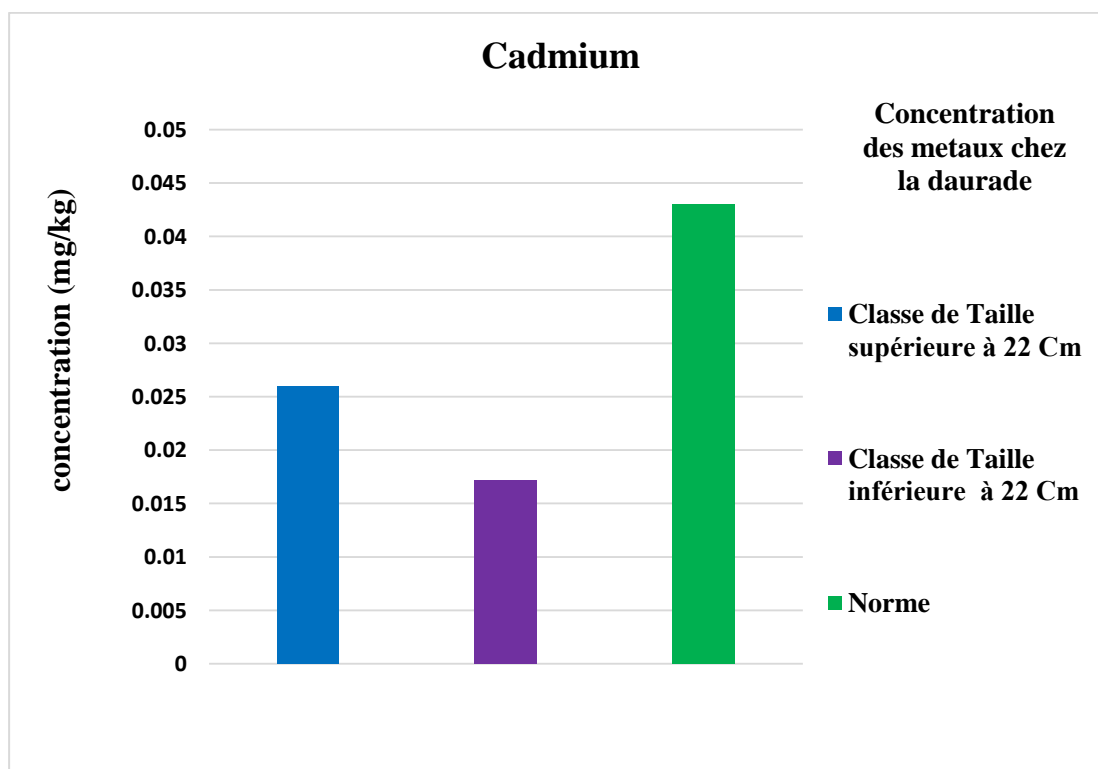


Figure 17: comparaison de la concentration du, Cd avec leurs norme correspondantes

V.2.2 Le Plomb :

Solution	Concentration (ug/g)
Classe de Taille supérieure à 22 Cm	< 0 ,0028
Classe de Taille inférieure à 22 Cm	< 0 ,0028

Tableau 11: Les concentrations des solutions de Plomb

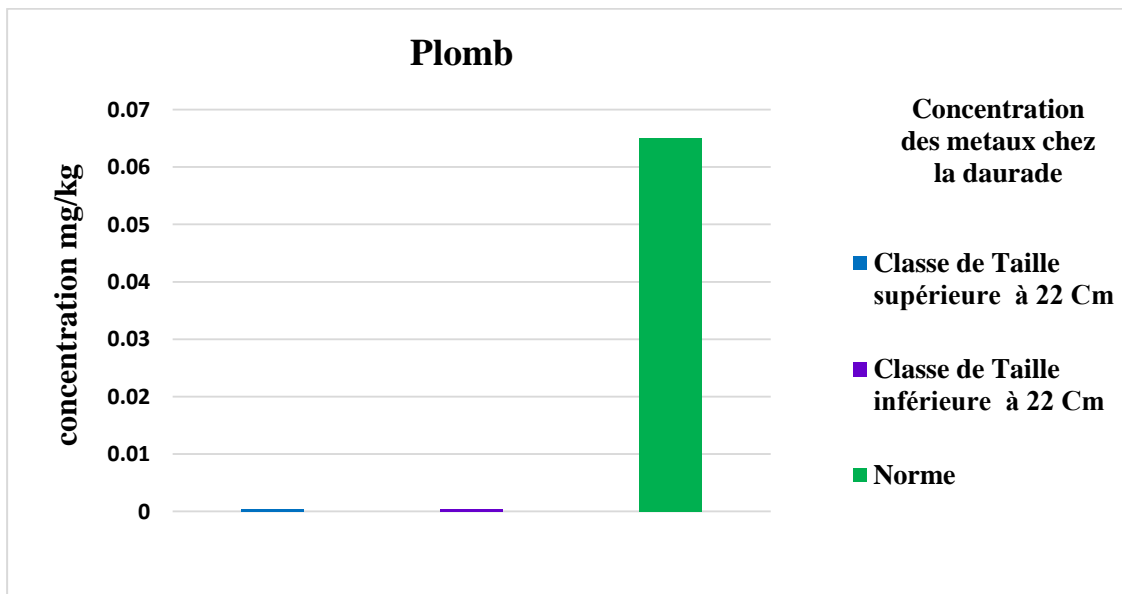


Figure 18: comparaison de la concentration du, Pb avec leurs norme correspondantes

Les figures,17 et 18 représentent les concentrations en (mg/kg) du Cadmium et plomb avec les normes correspondantes, respectivement, dans la chair de deux classes de taille de dorade élevé.

Dans la figure 17, les concentrations mesurées du cadmium pour les échantillons de classe de taille > 22 Cm et < 22 Cm (0.026 mg/Kg et 0.017 mg/Kg), respectivement sont aussi inférieur à la norme correspondante (0.043 mg/kg). La différence entre les valeurs des concentrations des deux classes de tailles n'est pas significative.

Concernant la figure 18, la concentration du plomb dans l'échantillon est si faible qu'elle ne peut pas être détectée avec certitude par le SAA alors elle reste aussi inférieurs à (0.0028 mg/Kg) dans la chair des deux classes de tailles de dorade.

Ce qui indique que la chair de poisson est sûre pour la consommation en ce qui concerne ces métaux.

Valeur	Zn	Cu	Ni	Mn	Cd	Pb
Les concentrations mesurées CT>22 Cm En (mg/kg)	16 ,79	1,24	2,014	< 1,05	0,026	< 0 ,0028
Les concentrations mesurées CT<22 Cm En (mg/kg)	18 ,76	1,81	0,499	< 1,05	0,0172	< 0 ,0028
Norme (mg/kg)	26.6	5	19.4	3.66	0.043	0.065

Tableau 12:les concentrations mesurées avec leurs normes AFNOR correspondantes

Le tableau 12 récapitule les valeurs des concentrations des métaux analysés par la technique de spectrophotométrie d'absorption atomique SAA et les normes correspondantes (AFNOR).

Les résultats montrent que toutes les concentrations relevées se situent en dessous des limites autorisées, indiquant un faible niveau de contamination par le cadmium, ce qui reflète une situation globalement acceptable du point de vue de la sécurité alimentaire.

Conclusion

Conclusion

Ce projet de fin d'études avait pour objectif d'estimer la contamination par les métaux lourds chez deux différentes tailles de la daurade royale (*Sparus aurata*), une espèce de poisson avec des grandes valeurs économiques et nutritionnelles. L'étude a été menée dans le contexte du contrôle et suivi de la pollution et contamination par les métaux lourds afin d'assurer une sécurité alimentaire et protéger la santé publique, en considérant l'impact potentiel des métaux lourds sur les organismes aquatiques et, par extension, sur les humains qui les consomment.

Un échantillonnage des daurades royales a été réalisé dans la ferme aquacole de Ain Taya, wilaya d'Alger. Les échantillons ont été analysés en utilisant la technique de spectroscopie d'absorption atomique SAA pour déterminer les concentrations de métaux tels que le manganèse (Mn), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), et le zinc (Zn).

Les résultats montrent que les concentrations des métaux lourds et des métaux essentielles sont inférieures aux valeurs limite réglementaires, ce qui indique que la chair de dorade élevés dans la ferme aquacole de Surcouf (Ain Taya) est globalement sûre pour la consommation. Cependant, il est possible que cette situation évolue, d'où l'importance d'un suivi régulier et d'action de sensibilisation pour garantir un environnement non pollué.

Bibliographie

Bibliographie.

ABDELMAN, A. 1990. La pollution de l'eau et ses impacts durables. Paris : Éditions Romillat.

ADAMA, D., 2020. Les types de daurades (dorades). [En ligne]. Disponible sur : <https://aywadieune.com/amp/aywadjeune/blog/post-detail/les-types-de-daurades-dorades2021-02-20-102301> [Consulté le 04 avril 2023].

Association Française de Normalisation. (2002). Produits alimentaires – Détermination des éléments traces – Digestion sous pression (NF EN 13805). AFNOR.

AISSO A., 1982. Détermination des métaux dans les organismes vivants. Journal de Chimie Analytique, 45 (2) : pp 123-130.

AIT ZIANE, K., BOUYAHIA, N., 2012. Cycle biogéochimique de quelques métaux lourds dans les eaux côtières du golfe de Béjaïa. Mémoire de Master, Environnement et santé publique. Université de Béjaïa.

ALASALVAR, C., TAYLOR, K. D. A., SHAHIDI, F., ALEXIS, M. N., & ALEXIS, M. N. 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*) by fatty acid composition and organoleptic characteristics. Journal of Agricultural and Food Chemistry: 2473–2480. <https://doi.org/10.1021/jf011538p>

ALBAKJAJI, A., 2011. La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liés au trafic maritime. Économies et finances. Université Paris-Est, 2010. (En français).

ALI, H., KHAN, E., SAJJAD, M.A., 2013. Phytoremediation of heavy metals: Concepts and applications. Chaosphère, : pp 869-881.

AMINOT, A., GUILLAUD, J.F., 1993. Spéciation du phosphore et apports en baie de Seine orientale. IFREMER, Océanologique Acta, : pp. 617-623.

ANSES. 2020. Avis relatif à l'évaluation des risques liés à la réduction du niveau d'activité physique et à l'augmentation du niveau de sédentarité en situation de confinement (Saisine n°2020-SA-0048). Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://www.anses.fr/fr/system/files/SA2020SA0048.pdf>

Bibliographie

ANTONIA DIS, V., MCKINLEY, J.D., 2003. Measuring heavy metal migration rates in a low permeability soil. *environmental Chemistry Letters*: pp. 103-106.

APS. 2021, juillet 3. Le plastique représente 87 % des déchets marins en Algérie. Agence Presse Service (APS). Repéré à <https://www.aps.dz/sante-science-technologie/124415-environnement-le-plastique-represente-87-des-dechets-marins-en-algerie>

AQUA SPARIDAE, 2025. Société Algérienne d'Élevage de Poissons. [En ligne]. (Consulté le 15 mai 2025).

ATSDR, 2005. Nickel. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR, 2012. Chromium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

BABALWEB. 2023. Pollution industrielle à Rouïba : impacts sur le milieu marin et les populations côtières. Babalweb Environnement. Repéré à <https://www.babalweb.com/environnement/pollution-rouiba-2023>

BAGHDAD, K., et al., 2015. Assessment of Marine Pollution at Bay of Oran, Algeria. *Journal of Water Resource and Protection*, 7(13), Article 13.

BAKER, A.J.M., WALKER, P.L., 1989. Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects. Jonathan Shaw.

BARBOZA, L. G. A. 2015. Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (LINNAEUS, 1758) *Journal of Forensic Medicine*, 8(3). <https://doi.org/10.4172/2472-1026.1000205>

BARBOZA, L. G. A. 2015. Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (LINNAEUS, 1758). *Environmental Pollution*, 205, pp :1-7. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.06.001>

BARNABE ; 1991. Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Lavoisier TEC et DOC, France, 495 pp.

BARRE, J. 2005. La pollution industrielle et ses impacts sur l'environnement. Paris, Éditions Technip. : pp 3-134

Bibliographie

BAUCHOT M.L. et HUREAU J.C., 1986. Sparidae. In: Whitehead P.J.P., Nielsen J. et Tortonese E. (eds), Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean, Vol. 2, UNESCO, Paris. pp:883-907.

BELABED, B., 2010. La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba : sources de contamination des écosystèmes aquatiques. Thèse de doctorat, Biologie et physiologie des organismes marins. Université Badji Mokhtar, Annaba, 199 p.

BELOU ANAS NEE BEN BELKACEM, A. 2020. Étude sur la pollution marine d'origine anthropique : sources et impacts sur les écosystèmes côtiers Université d'Alger. Mémoire de Master. P. 56. <http://dspace.univ-alger.dz/handle/123456789/9876>

BEN MOUSSA, M. 2019. Analyse génétique comparée entre la daurade sauvage et la daurade d'élevage à partir du foie (Thèse de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie), p. 145. <https://dspace.usthb.dz/handle/123456789/2019>

BEN SACI F., HAMZAOUI S. et BOUZID S., 2022. Impact de la pollution métallique sur les écosystèmes aquatiques et la santé publique dans la région d'Ain Taya, Algérie. Journal Algérien des Sciences de l'Environnement, : pp 112–125.

BENABDI M., 2015. Plan de gestion de la réserve naturelle de Réghaia en Algérie (Projet MedMPAnet). CAR/ASP - PNUE/PAM : 120 p.

BENAMMAR I., 2017. Suivi de la croissance du loup de mer et la dorade d'élevage (cas de la ferme aquacole d'Ain Türk, Wilaya d'Oran). Thèse, Université d'Oran.

BENDADA, K., et BOULAKRADECHE, M. W. 2011. Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds (Mémoire de Master, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Algérie). 73 p

BENKIDAD, A., EL MADANI, A., & EL MZIBRI, M. 2011. Utilisation des macro algues comme bioindicateurs de la pollution métallique dans les zones côtières. Revue Marocaine des Sciences de l'Environnement, pp :40-50. <https://doi.org/10.1234/rmse.v3i1.2011>

BERDANE, M. A. 2019. L'aquaculture en Algérie (Mémoire de fin d'études). Institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret. 120 p

Bibliographie

BINEY, C., AMAZU, A.-T., CALAMARI, D., KABA, N., MBOME, L., NAEVE, H., CHUMBA, O., OSIBANJO, O., RADEGONDE, V., MASSAD, A.H.S., 1991. Étude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique africain. Rapport de la troisième session du groupe de travail sur la pollution et les pêches, Accra, Ghana, 25-29 novembre 1991.

BLANCHETON J.P., 2000. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. Aqua cultural Engineering: pp17-31. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(00\)00025-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(00)00025-6)

BOUCHAIB, Y. 2023. Méthodologie de priorité des bassins versants à étudier (Mémoire, École Nationale Polytechnique, Alger) : pp 1-60

BOUHADIBA, S., 2011. Évaluation de la concentration des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mullet (*Mugil cephalus* L. 1758) pêché dans la baie d'Oran et Beni Saf. Mémoire de magister, Université d'Oran, 125 p.

BREMNER, I., 1998. Manifestations of Copper Excess. The American Journal of Clinical Nutrition, pp. 1069-1073.

CASAS, S. 2005. Bioaccumulation and its effects in aquatic organisms. Journal of environmental Science, pp : 45–60.

CHAOUI, L., DERBAL, F., KARA, M.H., & QUIGNARD, J.P. 2005. Alimentation et condition de la dorade *Sparus aurata* (Teleostei : Sparidae) dans la lagune du Mellah (Algérie Nord-Est). Cahiers de Biologie Marine, 46 : pp221–225.

CHARLOU J.L. et JOANNY J.P., 1983. Méthodes d'analyse des métaux en milieu marin. Revue océanographie, 12 (3) : pp 45-52.

CHARTIER, M. 1974. La pollution des eaux. Paris : Presses Universitaires de France. (P. 42)

CHEBEL F., KARA A. et KARA M.H., 2018. Reproductive cycle of the gilthead sea bream *Sparus aurata* (LINNAEUS, 1758) (Pisces: Sparidae) in the Gulf of Skikda (Algerian East coast). Biodiversité Journal, 9(1) : pp19–24.

CHEBEL, F. 2018. Écologie, biologie, morphométrie de la daurade royale *sparus aurata* Linné, 1758 dans la région de Skikda. Thèse de doctorat en sciences de la mer. ENSSMAL (Alger).194p.

Bibliographie

CHENIT, A. 2012. Bilan diagnostique de la Réserve naturelle de Réghaia en Algérie (rapport interne : pp. 15-45.

CHRISTY, C. BRIDGES, 2017. Chronic kidney disease and exposure to nephrotoxic metals.

CIEAU. 2025. Impact de l'agriculture sur la qualité des eaux marines et souterraines : polluants organiques et inorganiques. Centre International études de l'Eau.

CLOUTIER F., JALBY G., LESSARD P. ET VANROLLEGHEM P. A. 2009. Modélisation dynamique du comportement des métaux lourds dans des stations d'épuration. Dynamic modelling of heavy metals behavior in wastewater treatment plants. Revue des Sciences de l'Eau. : pp 461-471.

CNEXO, 1983. Fiches biotechnologiques d'aquaculture : La Dorade (*Sparus aurata*). Centre National pour exploitation des Océans, Pp 5-37.

COULIBALY A., KOUASSI K.M. et KOUASSI K.M., 2018. Contamination par les métaux lourds dans les eaux, sédiments et poissons d'élevage en Côte d'Ivoire : sources et risques. Environmental Science and Pollution Research, 25(20): 19634–19645. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2249-4>

DERBAL F. et al., 2022. Evaluation of metallic pollution of north eastern Algerian coasts using the demosponge *Chondrilla nucula*. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, : pp 851–878.

DGCCRF, 2024. Dénominations commerciales des produits de la pêche et de l'aquaculture – Poissons. Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, juillet 2024.

DJABRI, L., 1996. Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse : origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, Algérie, 176 p.

DJAD, M.A., HASSANI, M.M., KERFOUF, A. 2015. Bacteriological Quality of Seawater Bathing Areas along the Oran Coast (West northern Algeria). International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), pp: 268–275.

DOĞAN, M. 2022. Investigation of the use of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) in avionics systems and defense industry. Université technique de Turquie. Memoir de Master p. 55.

Bibliographie

- DORIS - FFESSM, 2006. Sparus aurata - Dorade (daurade) royale. [En ligne]. Disponible sur : <https://doris.ffessm.fr/> [Consulté le 29 avril 2025].
- DUPONT A. et MARTIN B., 2023. Adaptation et camouflage de la dorade royale. Journal of Marine Science and Engineering, 117p.
- ELVINES, D., MACLEOD, C. K., ROSS, D. J., HOPKINS, D. J., et WHITE, C. A. 2023. Fate and effects of fish farm organic waste in marine systems: Advances in understanding using biochemical approaches with implications for environmental management. Reviews in Aquaculture. <https://doi.org/10.1111/raq.12821>
- FAHY E., GREEN P. et QUIGLEY D.T.G., 2005. Juvenile Sparus aurata L. on the south coast of Ireland. Journal of Fish Biology, p66 : pp283–289.
- FAO, 2014. Programme d'Information sur les espèces aquatiques cultivées (*Sparus aurata*).
- FAO, 2023. Sparus aurata : Fiche d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <https://www.fao.org/fishery/species/2697/fr>
- FAO. 2022. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4e4804ef-5128-4f5e-a18b-9c0ea441c957/content>
- FAURIE C, MEDORI P, FERRA C., 2003. Ecologie : Approche scientifique et pratique, 5^{ème} Edition, Lavoisier doc et tec, Paris, 312p.
- FERRA C., 2008. Aquaculture. Vuibert, Paris : 1264 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO 2013. The state of world fisheries and aquaculture 2012 (COFI:AQ/VII/2013/7) :pp. 7–8. <https://www.fao.org/3/i2727e/i2727e.pdf>
- Fu, X., Wang, J., Chen, H., Zhang, W., Wang, Z., & Lin, C. 2016. Spatial distribution and pollution assessment of heavy metals in the surface sediments of the Bohai and Yellow Seas. Marine Pollution Bulletin, pp 596–602.
- GANZ, T., 2013. Systemic iron homeostasis. Physiological Reviews, pp 1721–1741.

Bibliographie

GAUTHIER, M.J.-F., PERRY, 1980. Introduction to environmental toxicology. Blackwell Scientific Publication, 484 p.

GIRARDET J.P., 2016. Bénéfices nutritionnels et risques potentiels de la consommation de poisson. *Réalités Pédiatriques*, 172 p : pp 8–13.

GOEURY, D. 2014. La pollution marine. In r. Woessner (dir.), *Mers et océans.*: pp 234-247.

ABOUSAMRA, D. 2003. Pollution de l'eau : L'aquaculture, nouvelle source de pollution en Méditerranée. Rapport du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM), Programme des Nations unies pour l'environnement, pp. 24 -134

GRIGORAKIS K., 2007. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: a review. *Aquaculture*, 272p: pp55-75.

GRØTTUM, J. A., & BEVERIDGE, M. 2007. A review of cage aquaculture: Northern Europe. In M. Hal wart, D. Soto, & J. R. Arthur (Eds.), *Cage aquaculture: Regional reviews and global overview*. 498p : pp. 126–154.

GUEMAZ F., 2006. Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées des trois sites de la ville de Biskra (Chaabet Roba, Oued Biskra et Oued Zemmour). These Magister. Inst. Agronomy. Annaba.83 p.

GUILARTE, T.R., 2013. Manganese neurotoxicity: new perspectives from behavioral, neuroimaging, and neuropathological studies in humans and non-human primates. *Frontières in Aging Neuroscience*, p5.

HAOUARI M., 2024. Evolution récente des températures moyennes en Algérie. *Journal Algérien de Météorologie Appliquée* : pp 9-16.

HELLIN, H., ET FAO. 1986. Techniques d'élevage intensif et d'alimentation de poissons et de crustacés (Archives de documents de la FAO, Département des pêches, Vol. I).

<http://www.mpm.gov.ma/wps/wcm/connect/e2063296-da41-4ac0-9cbb-b179f399527d/Rapport+d'activite+DPM+2022.pdf>

IBARZ A., FERNANDEZ-BORRAS J., BLASCO J., GALLARDO M.Á. et SANCHEZ J., 2003. Oxygen consumption and feeding rates of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) reveal lack of acclimation to cold. *Fish Physiology and Bio Chemistry*, pp313-321.

Bibliographie

INERIS, 2015. Pollution chimique et contamination : définitions et impacts. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE, 1998. Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments. AIEA -TECDOC-1035.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE, 2001. Manual for sample preparation and analysis. AIEA.

IPEN, 2021. Rapport sur la pollution chimique et ses effets sur les écosystèmes aquatiques. International Pollutants Elimination Network.

JAISHANKAR, M., TSETEN, T., ANAND, S., BEERAN, K., BAE, H., 2014. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, pp. 60-72.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE, 1993. N° 46, 14 juillet.

KABATA-PENDIAS, A., 2000. Trace Elements in Solis and Plants. CRC Pressé, London, p. 24.

KACEMI, M., 2006. Protection du littoral en Algérie entre politiques et pouvoirs locaux : le cas du pôle industriel d'Arzew (Oran-Algérie). *Vertigo - La revue électronique en sciences de l'environnement*, 7(3).

KAROUI R., BOUGHATTAS F. et CHENE C., 2021. Classification of sea bream (*Sparus aurata*) filets subjected to freeze-thaw cycles by using front-face fluorescence spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 308: 110678.

KASPRZAK, K.S., BAL, W., OLINSKI, R., 2003. Nickel carcinogenesis. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, pp. 67–97.

KHAROUM, A. 2022, septembre 15. Défaillance du réseau d'assainissement et pollution à la plage de Surcouf, Aïn Taya. *Le Quotidien d'Alger*. Repéré à <https://www.lequotidienalger.com/environnement/plage-surcouf-pollution-ain-taya>

KOLLER, E., 2004. Traitement des pollutions industrielles. Dunod, Paris, pp. 4, 6-7.

LENNETCH, 1993. Water treatment solutions. 2 p.

Bibliographie

- LINNAEUS, C. 1758. Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. [The system of nature through the three kingdoms of nature, according to classes, orders, genera, species, with characters, differences, synonyms, places.]. Impensis Direct. Laurentii Salvii. Holmiae [Stockholm]. 1(10) [iii], 824 p., available online at <https://biodiversitylibrary.org/page/726886>
- LOUE, R., 1993. Les oligo-éléments en biologie et en médecine. Paris : Lavoisier.
- MADEIRA D., COSTA P.M., VINAGRE C. et DINIZ M.S., 2016. When warming hits harder: survival, cellular stress and thermal limits of *Sparus aurata* larvae under global change. Marine Biology, 163p : pp 1-14.
- MALBRIEL, N., 1997. La pollution en bordure d'autoroute et son impact sur la végétation. DESS Ressources Naturelles et Environnement, Université de Metz, CETE de l'Est, 56 p.
- MARINE RESEARCH CENTRE. 2003. Fishes of the Maldives (2nd ed.). Ministry of Fisheries, Agriculture and Marine Resources, Republic of Maldives. ISBN 99915-62-12-5
- MARTINEZ I., STANDAL I.B., AXELSON D.E., FINSTAD B. et AURSAND M., 2009. Identification of the farm origin of salmon by fatty acid and HR 13C NMR profiling. Food Chemistry, 116p
- MASON, L.H., HARBISON, R.D., HOFFMAN, E.B., 2014. Pb neurotoxicity: neuropsychological effects of lead toxicity. BioMed Research International, 2014.
- MEDMPANET. 2012. Bilan diagnostique de la Réserve naturelle de Réghaïa (Rapport).
- MÉTÉO ALGÉRIE, 2024. Climatologie de la région d'Aïn Taya. Météo Algérie.
- MHALHEL, K. 2023. Review on gilthead seabream (*Sparus aurata*) aquaculture: Life cycle, growth, aquaculture practices and challenges. Journal of Marine Science and Engineering, 11(10), 2008. <https://doi.org/10.3390/jmse11102008>
- MICA, M., MATET, J., ONNED, S., 2008. Compte rendu du séminaire conjoint Algérie-Japon pour une gestion efficace de l'environnement. Alger, 21-22 avril 2008, 102 p.
- MINISTÈRE CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT - PAP RAC/PAM, 2015. Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières en Algérie 2015-2030 (Appui PAM-MedPartnership, UNESCO) : 94 p.

Bibliographie

MINISTERE DE LA PECHE (MPECHE M.D.P.). 2022. *Dorada* (Rapport technique, Département de la Pêche Maritime. : pp. 15-28.

Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques. 2022. Comportement alimentaire et migration de la daurade royale (*Sparus aurata*) en milieu naturel algérien. Gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire. <https://www.pecche-algerie.dz/rapports/daurade2022.pdf>

MIQUEL., G. 2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé (Rapport d'information n° 261). Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Sénat, France pp. 13–14.

MONNA, F., 2008. Cycles biogéochimiques des éléments traces métalliques aux interfaces de l'environnement. Thèse de doctorat, Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Bourgogne, 181 p.

MYLONAS C.C., ZOHAR Y., PANKHURST N. et KAGAWA H., 2011. Reproduction and broodstock management. In: Pavlidis M.A. et Mylonas C.C. (Eds.), *Sparidae: Biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species*, Blackwell Publishing Ltd: pp 95-120.

NEMOUS O. et NECHNICHE F., 2022. Étude de la qualité hygiénique de la daurade royale « *Sparus aurata* » (LINNAEUS, 1758) élevée à Mostaganem. Mémoire de Master, Université de Mostaganem : 89 p.

NITHYA., C., GNANA LAKSHMI, B., PANDIAN, S.K., 2011. Assessment and characterization of heavy metal resistance in Palk Bay sediment bacteria. *Marine Environmental Research*, pp. 283-294.

Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA). 2021. Étude hydrologique des principaux cours d'eau de la baie d'Alger. Ministère des Ressources en Eau, Algérie. Pp. 30-78. <https://www.onea.dz/rapport2021>

OFFICE NATIONAL DE LA MÉTÉOROLOGIE (ALGÉRIE), 2024. Rapport climatologique annuel 2024 : Régime des vents et précipitations dans la région d'Aïn Taya.

OLIVEIRA, A.D.S., BOCIO, A., TREVILATO, T.M.B., TAKAYANAGU, A.M.M., DOMINGO, J.L., SEGURA-MINOZ, S., 2007. Heavy metals in untreated/treated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant. *Environmental Science and Pollution Research*, pp. 483-489.

Bibliographie

OUALI, N., et al., 2009. Evaluation of metallic contamination in the Annaba gulf (Algerian Northeast). *Physical and Chemical News*, pp. 130-135.

PARRA, P., RODRIGO, R., 2016. Novel antioxidant therapy against myocardial ischemia–reperfusion injury during percutaneous coronary angioplasty. *Free Radicals and Diseases*, pp. 383-406.

Paul, A., Dey, S., Ram, D. K., & Das, A. P. 2024. Hexavalent chromium pollution and its sustainable management through bioremediation. *Geomicrobiology Journal*, 41(4), pp324–334p. <https://doi.org/10.1080/01490451.2023.2218377>

PEDOYA, C., 1993. L'eau potable in protection de la santé, hygiène et environnement. 14e édition. Frison Roche, Paris, 218 p.

Pérès, J. M., et al. 1976. La pollution des eaux marines. Paris : Presses Universitaires de France. pp. 1, 67, 70, 71, 117p.

PICCOLOTTI, F. 2014. Pisciculture en cage à petite échelle : guide pratique pp. 10- 20.

PLUM, L.M., RIEGER, J., HIRSCH-ERNST, K.I., 2010. The essential toxin: impact of zinc on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph7041342>

POLO A., YUFERA M. et PASCUAL E., 1991. Effects of temperature on egg and larval development of *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, pp367-375.

POURANG, N., ALAMDARI, D., POURANG, H., & POURANG, E. 2004. Tissue distribution and redistribution of trace elements in shrimp species with the emphasis on the roles of metallothionein. *Ecotoxicology*, pp519–533.

RAMADE, F. 1992. Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales p. 55.

REGRAGUI, M. 2020. Le développement durable de l'aquaculture en Méditerranée : cas de la dorade royale (*Sparus aurata*). *Revue Internationale des Sciences Halieutiques* : pp85–94. <https://doi.org/10.1234/rish.v15i2.2020>

République Algérienne Démocratique et Populaire 2020. Carte des sous-bassins versants, incluant Aïn Taya (78 633 ha)

Rodier, J., LEGUBE, B., ET MERLET, N. 2009. L'analyse de l'eau (9e éd.). Dunod.

Bibliographie

ROUMBA, S., OUEDRAOGO, F.C., 2016. Les extrêmes climatiques, un problème d'accès à l'eau dans les quartiers informels de Ouagadougou. *Revue de Géographie de l'Ouargla*, pp. 287-303.

SAGUET C., 2016. Par le prisme des effets du changement climatique dans le golfe de Gascogne, analyse de diverses métadonnées concernant la dorade royale (*Sparus aurata*). Mémoire de Master, Université de Pau et des Pays de l'Adour : 59 p.

SELKA, F.Z., 2015. Contribution à l'évaluation de la pollution marine par les métaux lourds chez les algues de la baie de Hon Aïné. Mémoire de Master, Université de Tlemcen, pp. 6-25.

STENGEL, P., GELIN, S., 1998. Sol interface fragile. Ed. I.N.R.A., pp. 213-283.

TAGHEZOUT F., 2015. Impact environnemental des rejets d'eau le long du littoral occidental algérien. Mémoire de Magister en science de l'environnement, Université d'Oran : 170 p. + annexe.

TALBI, H., KACHI, S., 2019. Evaluation of heavy metal contamination in sediments of the Seybouse River, Gualma – Annaba, Algeria. *Journal of Water and Land Développement*, 40(1), pp. 81-86.

TCHOUNWOU P. B., YEDJOU C. G., PATLOLLA A. K ET SUTTON D. J. 2012. Heavy Metals Toxicity and the Environment. National Institutes of Health. pp133-164.

TERBECHE, M. 2019. Étude de la qualité de l'eau de la mer des zones côtières industrielles et impacts environnementaux (Mémoire de fin d'études). Université Mostaganem. p. 8-64

UNEP, 2019. Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions. United Nations Environment Programme.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME et INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1985a. Environmental monitoring protocols for trace metals. UNEP/IAEA.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME et INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1985b. Analytical methods for marine samples. UNEP/IAEA.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME et INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1986a. Guidelines for sample preparation. UNEP/IAEA.

Bibliographie

VALLS, M., LORENZO, V., 2002. Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for the remediation of heavy metal pollution. Federation of European Microbiological Societies Microbiology, pp. 327-338.

VALPEM. (2018). *Daurade royale. Méditerranée Sauvage* [en ligne], 4 p. Consulté en 2018. Disponible également sur : www.mediterraneesauvage.com/wpcontent/uploads/2019/06/Daurade_royale_Mediterranee-Sauvage.pdf

VAUFLEURY A., GIMBERT F. et GOMOT L., 2010. Bioaccumulation, bioamplification des polluants dans la faune terrestre : un outil pour la biosurveillance des écosystèmes. 641 p.

Wang, H., Tang, C., Wang, Y., Han, M., Jiang, F., Jiang, L., Wu, J., Fu, C., Chen, Y., & Jiang, Q. 2021. Urinary antibiotic level of school children in Shanghai, East China, 2017–2020. *Environmental Pollution*, 291, Article 118167. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118167>

YAO K.M., COULIBALY L. et al., 2009. Contamination aux métaux lourds de la matrice eau-sédiment et organismes aquatiques. *African Journal of Aquatic Science*, 34(1) : pp 1–10.

YUHEI N., BENOIT C., GARNIER J., THEO G. et ADRIEN F., 2020. Dorade royale, daurade. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.fishipedia.fr/fr/poissons/sparus-aurata> [Consulté le 04 avril 2023].

ZARAGOZA P., FUENTES A., FERNÁNDEZ-SEGOVIA I., VIVANCOS J.-L., RIZO A., ROS-LIS J.V., BARAT J.M. et MARTÍNEZ-MÁÑEZ R., 2013. Evaluation of sea bream (*Sparus aurata*) shelf life using an optoelectronic nose. *Food Chemistry*, 138p. pp2-3

Annexes

Annexes

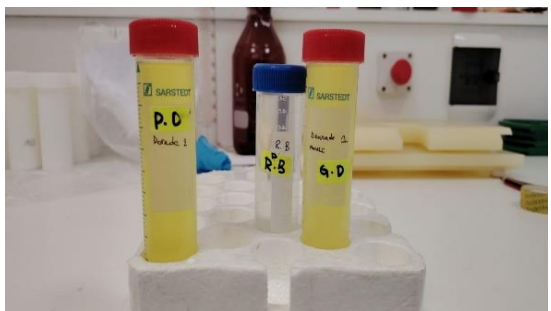
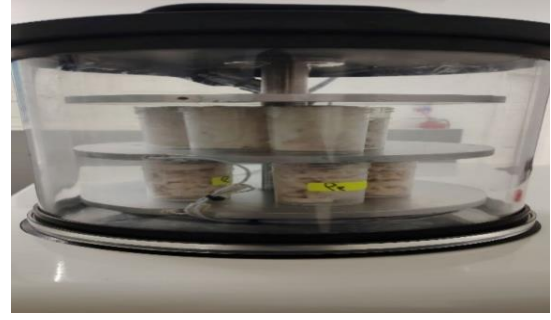
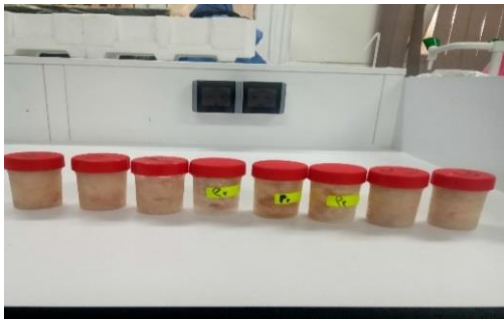


Figure 19: Les étapes prélèvement, dissection, lyophilisation ; broyage, minéralisation

Tableau 13: Gammes étalons des métaux lourds analysés

Zinc	Absorbances	Concentration (mg/l)
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0609	0.2
Calibration Std 2	0.1216	0.4
Calibration Std 3	0.1787	0.6
Calibration Std 4	0.2372	0.8

Cuivre	Absorbances	Concentration (mg/l)
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0161	0.2
Calibration Std 2	0.0322	0.4
Calibration Std 3	0.0487	0.6
Calibration Std 4	0.0651	0.8

Nickel	Absorbances	Concentration (mg/l)
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0083	0.2
Calibration Std 2	0.0167	0.4
Calibration Std 3	0.0246	0.6
Calibration Std 4	0.0329	0.8

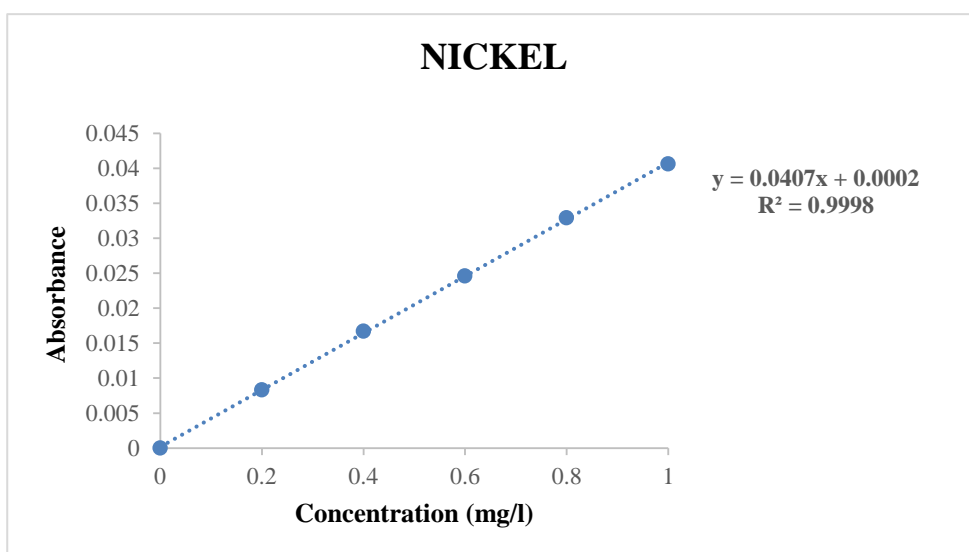
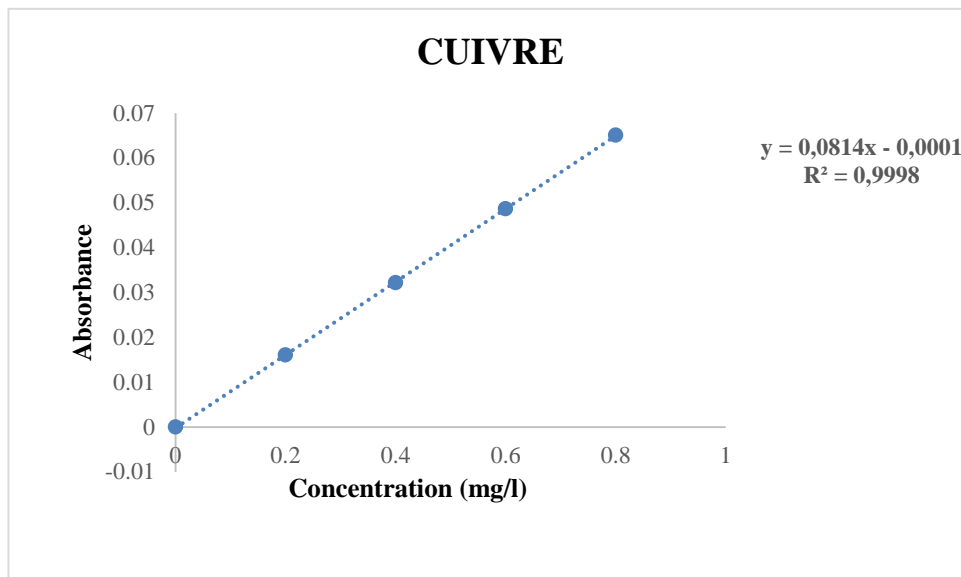
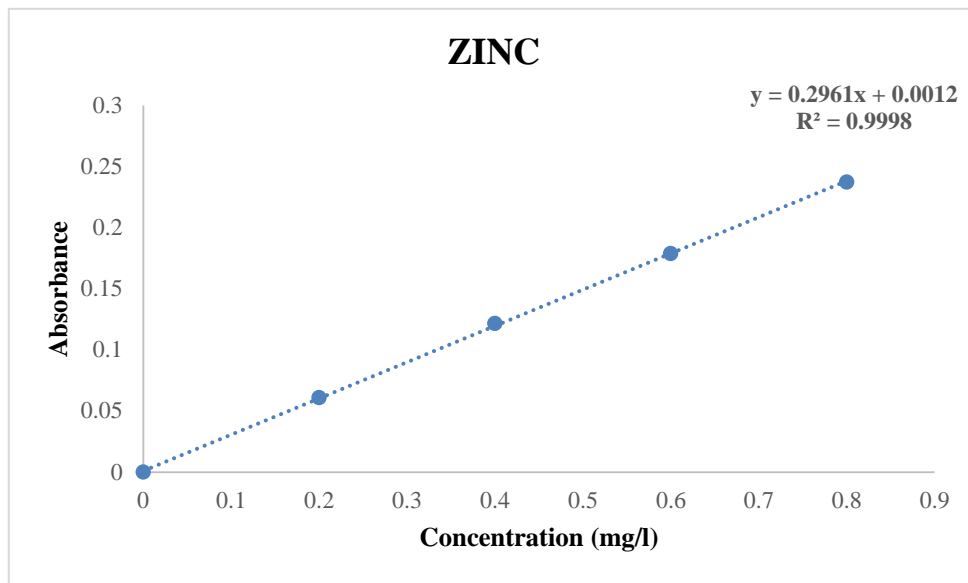
Calibration Std 5	0.406	1
--------------------------	--------------	----------

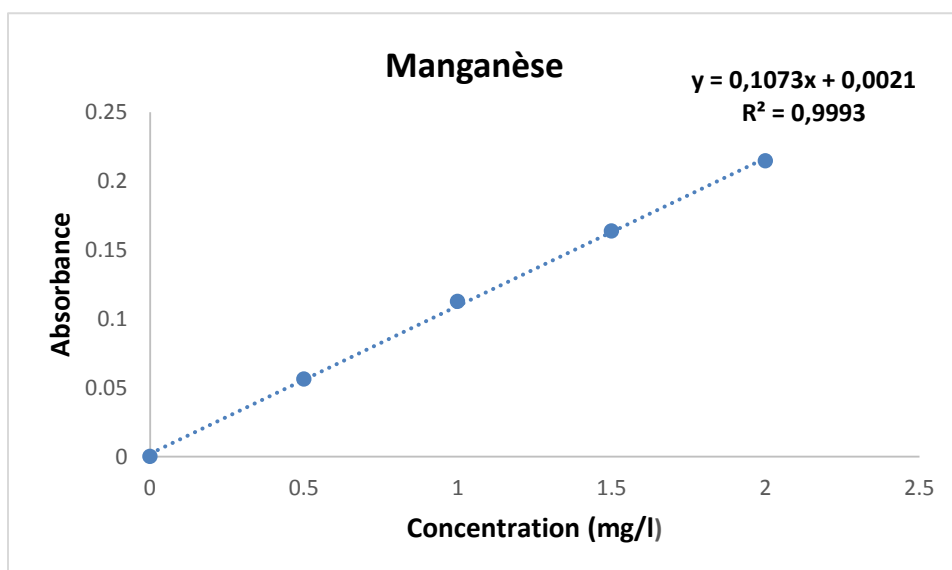
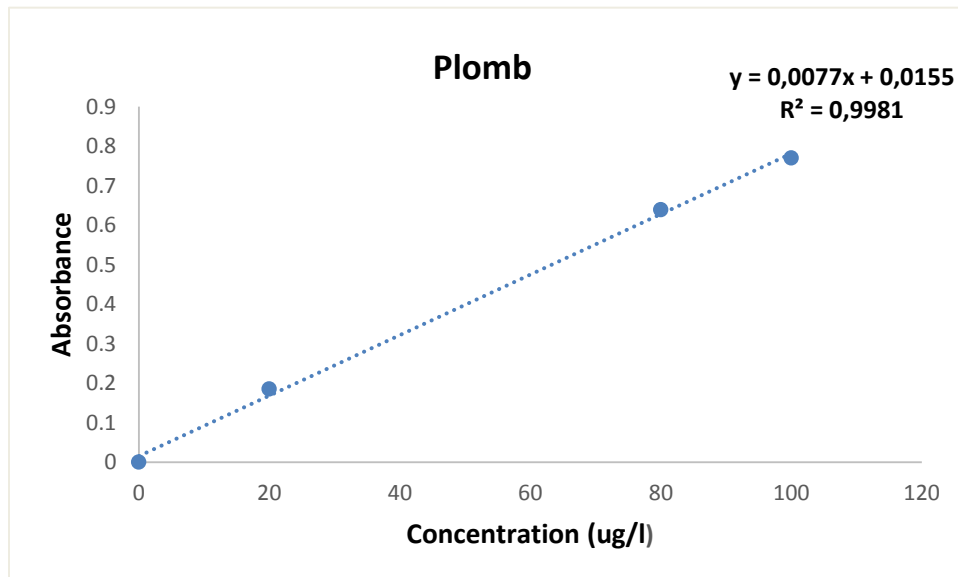
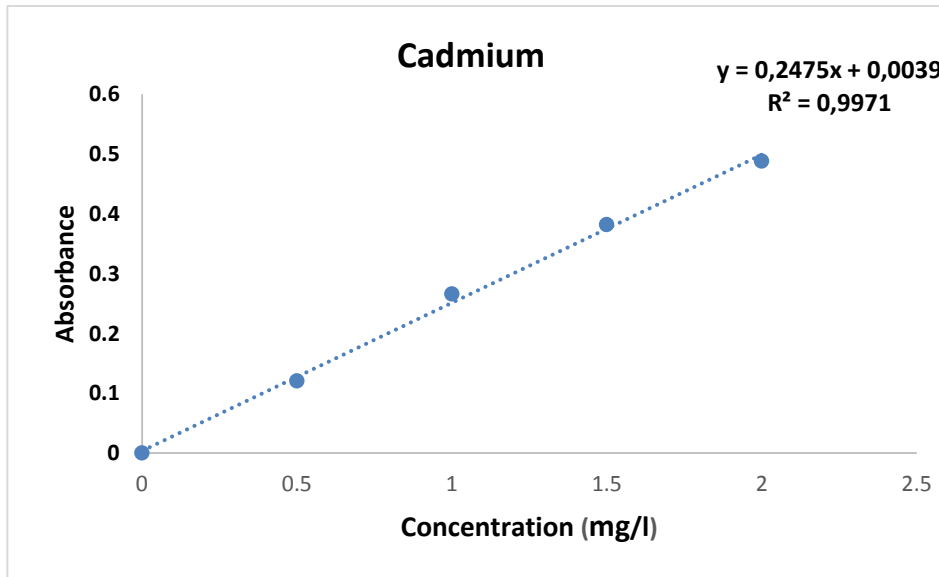
Cadmium	Absorbances	Concentration (ug/l)
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0,1208	1
Calibration Std 2	0,2660	2
Calibration Std 3	0,3820	3
Calibration Std 4	0,4881	4

Manganèse	Absorbances	Concentration (mg/l)
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0 ,0562	0,5
Calibration Std 2	0,1126	1
Calibration Std 3	0,1637	1,5
Calibration Std 4	0,2146	2

Plomb	Absorbances	Concentration (ug/l)
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0,1854	20
Calibration Std 2	0,6389	80
Calibration Std 3	0,7697	100

Figure 20: Droites d'étalonnage des métaux lourds analysés





Systeme milli Q :

Est un système pour obtenir une eau ultra-purifiée, composé essentiellement de filtres/ résines/ membranes dont la résistivité est de 18.2 M Ω . Cm (marque déposée par la société Millipore Corporation). Cette eau est par exemple utilisée en biologie et biochimie de façon à pouvoir contrôler exactement la concentration des ions présents qui sont rajoutés à cette eau « pure

Résumé

Ce mémoire a pour objectif d'évaluer la présence de métaux lourds (plomb, cadmium, zinc, cuivre, nickel, manganèse) dans la chair de la daurade royale (*Sparus aurata*) élevée dans la ferme "Aquaritale" à Ain Taya, sur la côte algérienne. Des échantillons ont été analysés en laboratoire à l'aide de la spectrophotométrie d'absorption atomique. Les résultats ont montré que les concentrations en métaux étudiés sont largement inférieures aux limites réglementaires, indiquant l'absence de contamination significative. Ainsi, la zone d'élevage d'Ain Taya peut être considérée comme hors de danger, et les produits issus de cette aquaculture ne présentent aucun risque sanitaire pour le consommateur. Cette étude confirme la qualité environnementale de la région et contribue à valoriser la sécurité des productions aquacoles locales.

Mots clés: Aquaculture

Sparus aurata

Métaux lourds

Bioaccumulation

Pollution marine

Indicateur biologique

Sécurité alimentaire

Ain Taya

Abstract

This thesis aims to evaluate the presence of heavy metals (lead, cadmium, zinc, copper, nickel, manganese) in the muscle tissue of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) farmed at the “Aqaritale” facility in Ain Taya, on the Algerian coast. Samples were analyzed in the laboratory using atomic absorption spectrophotometry. The results showed that the concentrations of the studied metals were well below regulatory limits, indicating no significant contamination. Therefore, the Ain Taya farming area can be considered safe, and the aquaculture products from this site pose no health risk to consumers. This study confirms the environmental quality of the region and contributes to highlighting the safety of local aquaculture production.

Key words: Aquaculture

Sparus aurata

Heavy metals

Bioaccumulation

Water pollution

Biological indicator

Food safety

Ain Taya

التلخيص

يهدف هذا البحث إلى تقييم وجود المعادن الثقيلة الرصاص، الكاديوم، الزنك، النحاس، النيكل، في لحم أسماك الدنيس *Sparus aurata* المستزرعة في مزرعة اكواريال بعين طاية، على الساحل

الجزائري، تم تحليل العينات مخبرياً باستخدام تقنية الامتصاص الذري. أظهرت النتائج أن تركيزات المعادن المدروسة كانت أقل بكثير من الحدود التنظيمية، مما يدل على عدم وجود تلوث كبير. وبذلك يمكن اعتبار منطقة الاستزراع في عين طاية آمنة، ولا تشكل المنتجات المائية المستخرجة منها أي خطر صحي على المستهلك. تؤكد هذه الدراسة جودة البيئة في المنطقة وتساهم في إبراز سلامة المنتجات المحلية للاستزراع المائي.

الكلمات المفتاحية :

١. تربية الأحياء المائية

٢. سباروس أوراتا (*Sparus aurata*)

٣. المعادن الثقيلة

٤. التراكم الحيوي

٥. التلوث المائي

٦. مؤشر بيولوجي

٧. السلامة الغذائية

عين طاية