

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث 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 Dely 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 : ENVIRONNEMENT

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
de Chlef.

Présenté par :

**RAHAL Abdenour
ACHOUR Imad**

Soutenu le 08 juillet 2024 devant le jury suivant :

Mme.Bentchikou L	Maitre Assistante A (ENSSMAL)	Présidente du jury
Mme.Ghezali K	Maitre Assistante B (ENSSMAL)	Examinatrice
Mme.Khelassi A	Maitre Assistante B (ENSSMAL)	Promotrice

2023-2024

Dédicace

A Ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mes très chers frères

Djamai, Azouz et Nadjib

A mes très chères sœurs

Malika et Sabrina

A mari de ma sœur Samir

Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite

A toute ma famille,

A mes collègues Islam, Mano, anis

A mon binôme Imad

A mes amis proches Mohammed, Abdenour, Adam

A moi-même.

ABDENNOUR

Dédicace

C'est avec un immense plaisir que je dédie ce travail :

A ma chère mère

Source inépuisable de tendresse et exemple de dévouement sans égal, qui n'a jamais cessé de
M'encourager et de prier pour moi ;

A mon père

C'est grâce à toi que je suis là aujourd'hui. Ce travail pour vous est un témoignage de mon
amour éternel. J'espère que je t'ai rendu fier de moi».

A mes amis proches

Manou, Sadak, Walid, Haroun, Ayman, Rami et Abdel Malek

A mes sœurs

« Fatima, Zeinab, Ahlam ». À mes neveux, Tasnim, Razan et Abdel Samad.

A mon binôme

A mes collègues et à toutes les personnes que j'ai autant aimées.

Imad

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier **Dieu le tout puissant et miséricordieux**, Qui nous a donné la force, la patience et le savoir pour élaborer ce modeste travail

Nous sommes profondément reconnaissants envers les membres du jury **La présidente Mme Bentchikou L, l'examinatrice Mme ghezali K, La promotrice Mme khelassi A** pour leur dévouement et leur expertise lors de l'évaluation. Leur présence, leur lecture attentive et leurs remarques ont été précieuses pour améliorer ce travail. Leurs commentaires constructifs ont été essentiels pour nos développements personnels et professionnels. Merci pour votre engagement envers l'excellence et votre soutien continu.

Nous tenons à exprimer notre plus profonde gratitude à notre encadrante, **Mme. KHELASSI Amina**

Pour son soutien indéfectible, ses conseils avisés et sa patience tout au long de ce projet de fin d'études. Son expertise et son engagement ont été des éléments cruciaux pour la réalisation de ce travail. Sa présence, sa patience, ces conseils scientifiques, pour sa compréhension et son Aide. **Merci beaucoup.**

Nous remercions beaucoup **M.ZEROUKI Chef département** Pour vos efforts et votre sincérité dans votre travail.

Votre écoute, votre disponibilité et votre professionnalisme sont des qualités que j'apprécie énormément. Vous avez su créer un environnement de travail harmonieux et stimulant, où chacun se sent valorisé et encouragé à donner le meilleur de lui-même.

Nous remercions **M. Aroua** de nous avoir aidés et guidés au niveau du laboratoire de **l'ENSSMAL**

Nous remercions également beaucoup **Monsieur Ait Kaci M** pour son aide et son explication précise. Nous avons bénéficié de son expertise et de la justesse de son expérience au niveau du **laboratoire de l'ENSSMAL**

Nous remercions également **le directeur du Laboratoire l'ISMAL M.boudjelal** à sidi Fredj pour son accueil, sa patience, et ses précieux conseils.

Nous remercions également **la directrice de l'établissement de l'ENSSMAL** et tout le personnel éducatif pour la bonne gestion

Nous tenons à remercier également toute notre famille et nos amis pour leur soutien moral

Liste des abréviations

Pb : Plomb.

Cd: Cadmium.

Ni: Nickel.

Cu: cuivre.

Zn : Zinc.

GESAMP : Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine

Mn : Manganèse.

Fe : Fer

V : vanadium.

Hg : Mercure

ML : Métaux lourds

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

pH : potentiel hydrogène

S.A.A : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

N : Nord

E : Est

ONM : Organisation Nationale de Météo

HNO₃ : Acide nitrique

Abs : Absorbance

PS : Poids Sec

AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique

U.N.E.P : Programme des Nations Unies pour l'environnement

AFNOR : Association Française de Normalisation

<i>Liste des figures</i>	<i>Page</i>
Figure 1: schéma de la morphologie de la daurade. (Nechniche, 2022)	18
Figure 2: Dicentrarchus labrax a différents tailles (Ould aklouche, 2016)	19
Figure 3: Cycle de reproduction de la Daurade en milieu nature (FAO, 2014).	20
Figure 4 : Carte de la bai de Ténès wilaya de Chlef réalisé avec Arc Gis	27
Figure 5 : Histogramme des températures (max, min et moyenne) mensuelles 2004- 2022.....	28
Figure 6 : Histogramme des précipitations mensuelles de la zone de Chlef entre 2004 et 2022	29
Figure 7 : Températures maxi, mini, et précipitations en mai 2024 à Ténès.....	29
Figure 8 : Pression au niveau de la mer en mai 2024 à Ténès.....	30
Figure 9 : Lyophilisation de modèle Christ.....	34
Figure 10 : Mortier avec pilon en porcelaine	35
Figure 11 : les étapes de minéralisation	36
Figure 12 : Spectrophotométrie d'absorption atomique	37
Figure 13 : comparaison de la concentration du Cu, Ni et Zn avec leurs norme correspondantes.....	43
Figure 14 : comparaison de la concentration du Fer avec sa norme correspondante	43
Figure 15 : comparaison de la concentration du Mn et Cr avec leurs normes correspondantes.....	46
Figure 16 : comparaison de la concentration du plomb avec sa norme correspondante	46
Figure 17 : comparaison de la concentration du cadmium avec sa norme correspondante.....	47
Figure 18 : Les étapes prélèvement, broyage, minéralisation	58
Figure 19 : Droites d'étalonnage des métaux lourds analysés	62

Liste des tableaux

page

Tableau 1: Les concentrations des solutions de zinc	41
Tableau 2: Les concentrations des solutions de Cuivre	42
Tableau 3 : Les concentrations des solutions de Fer.....	42
Tableau 4 : Les concentrations des solutions de Nickel.....	42
Tableau 5 : Les concentrations des solutions de Manganèse	44
Tableau 6 : Les concentrations des solutions de Cadmium	45
Tableau 7 : Les concentrations des solutions de Chrome	45
Tableau 8 : Les concentrations des solutions de Plomb.....	45
Tableau 9 : les concentrations mesurées avec leurs normes AFNORE correspondantes.....	47
Tableau 10: Gammes étalons des métaux lourds analysés.....	59

Sommaire

I. Table des matières

Introduction	1
Chapitre I : La pollution marine par les métaux lourds.....	4
I. Généralités sur la pollution marine par les métaux lourds	4
I.1 Définition de la pollution marine:	4
I.1.1 La pollution marine en Algérie :	4
I.1.2 Zones touchées	4
I.1.3 Activités génératrices et évolution	4
I.1.4 La pollution marine à Chlef :.....	5
I.2 Les types de pollution marine :	5
I.2.1 Les pollutions biologiques:.....	5
I.2.2 La pollution par les déchets :.....	5
I.2.3 La pollution marine par les hydrocarbures:.....	6
I.2.4 Les pollutions chimiques :.....	6
I.2.5 La pollution microbiologique :.....	6
I.2.6 La pollution physique :.....	6
I.2.7 La pollution radioactive :.....	6
I.2.8 La pollution sonore:.....	6
I.3 Les sources de pollution marine :	7
I.4 La pollution par les métaux lourds :	7
I.5 Généralités sur les métaux lourds.....	7
I.5.1 Définition des « métaux lourds ».....	7
I.5.2 Classification des métaux lourds	8
I.5.2.1 Les métaux essentiels :.....	8
I.5.2.2 Les métaux toxiques :.....	8
I.5.3 L'origine des métaux lourds.....	8
I.5.3.1 Origine naturelle.....	8
I.5.3.2 Origine anthropique	8
I.5.4 Effets toxiques des métaux lourds sur l'écosystème aquatique.....	9
I.5.5 Effets sur la santé humaine.....	9
I.5.6 Toxicité.....	9
I.6 Présentation détaillée des métaux analysés	10
I.6.1 Cadmium	10
I.6.1.1 Sources :	10
I.6.1.2 Toxicité :	10

I.6.1.3	Réglementation :	10
I.6.2	Plomb.....	10
I.6.2.1	Sources :	10
I.6.2.2	Toxicité :	11
I.6.2.3	Réglementation :	11
I.6.3	Zinc.....	11
I.6.3.1	Sources :	11
I.6.3.2	Toxicité :	11
I.6.3.3	Réglementation :	11
I.6.4	Cuivre :	12
I.6.4.1	Sources :	12
I.6.4.2	Toxicité :	12
I.6.4.3	Réglementation UE :	12
I.6.5	Manganèse :	12
I.6.5.1	Sources :	12
I.6.5.2	Toxicité :	12
I.6.5.3	Réglementation UE :	13
I.6.6	Chrome :	13
I.6.6.1	Sources :	13
I.6.6.2	Toxicité :	13
I.6.6.3	Réglementation UE :	13
I.6.7	Nickel :	13
I.6.7.1	Source :	13
I.6.7.2	Toxicité :	13
I.6.7.3	Réglementation UE :	14
I.6.8	Fer :	14
I.6.8.1	Sources :	14
I.6.8.2	Toxicité :	14
I.6.8.3	Réglementation UE :	14
Chapitre II : La daurade royale (<i>Sparus aurata</i>).....		17
II. La daurade royale		17
II.1	Origine des noms :	17
II.1.1	Systématique :	17
II.1.2	Morphologie :	18
II.1.3	Habitat :	18

II.1.4	Croissance :	19
II.1.5	Régime alimentaire :	19
II.1.6	Cycle de développement :	20
II.1.7	Méthode de différenciation :	21
II.1.7.1	Daurade sauvage / Daurade d'élevage	21
II.1.7.2	Analyse morphologique.....	21
II.1.7.3	Analyse des lipides	21
II.1.8	Techniques d'élevage, structures et caractéristiques	21
II.1.8.1	Caractéristiques de l'espèce élevée (sparus aurata) :.....	21
II.1.8.2	Structures d'élevage :.....	22
II.1.8.3	Modes d'élevage :.....	22
II.1.9	L'aquaculture intensive :	22
II.1.9.1	Elevage dans les cages :.....	22
II.1.9.2	Empoisonnement des cages les paramètres zootechniques:.....	22
II.2	Bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons	23
II.2.1	Mécanismes généraux :	23
II.2.2	Facteurs influençant la bioaccumulation	23
II.3	Impact de l'élevage de poissons sur leur contamination.....	24
II.3.1	Sources de contamination en élevage.....	24
II.3.2	Modulation de la bioaccumulation	24
II.4	Études antérieures de contamination de S. aurata	24
II.4.1	Revue des travaux et principaux résultats	24
Chapitre III : Zone d'étude		26
III. Zone d'étude		26
III.1	Choix et localisation des stations de prélèvement.....	26
III.2	Situation géographique.....	26
III.3	Caractéristiques de la ferme	27
III.4	Contexte environnemental.....	27
III.5	Climatologie	27
III.6	Précipitations	28
III.7	Régime des vents.....	30
III.8	Réseau hydrographique	30
III.9	Bassins versants associés :.....	30
III.10	Régime hydrologique :	31
Chapitre IV : Matériel et méthode.....		33
IV. Travaux effectués sur terrain.....		33
IV.1	Prélèvement	33

IV.2	Travaux effectués au laboratoire	33
IV.2.1	Conditionnement du matériel utilisé.....	33
IV.3	Prétraitement des échantillons.....	33
IV.4	Traitement des échantillons.....	34
IV.4.1	Lyophilisation.....	34
IV.4.2	Broyage	34
IV.4.3	Analyse des métaux lourds.....	35
IV.4.3.1	Extraction des métaux lourds.....	35
IV.4.3.2	Principe de la digestion ou de « la minéralisation ».....	35
IV.4.3.3	Le protocole expérimental	35
IV.4.3.4	Minéralisation des échantillons.....	35
IV.4.3.5	Minéralisation à blanc	36
IV.4.3.6	Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	37
IV.4.3.7	Principe de la SAA.....	37
IV.4.3.8	Equipement d'un SAA.....	38
IV.4.4	Dosage des échantillons	38
IV.4.5	Mode de calcul	39
Chapitre V : Résultats et discussions.....		41
V. Dosage des métaux lourds :		41
V.1	Dosage des métaux lourds essentiels.....	41
V.1.1	Le Zinc :	41
V.1.2	Le Cuivre :.....	42
V.1.3	Le Fer :	42
V.1.4	Le Nickel :	42
V.2	Dosage des métaux lourds toxiques :	44
V.2.1	Le Manganèse :.....	44
V.2.2	Le Cadmium :	45
V.2.3	Le Chrome :	45
V.2.4	Le Plomb :	45
Conclusion.....		49
Bibliographie.....		52
Annexes		58
Résumé		78

Introduction

Le poisson constitue une importante source de protéines animales et de nombreux micronutriments essentiels, tels que les vitamines (A, B et D), les minéraux (calcium, iode, zinc, fer et sélénium) et les acides gras polyinsaturés oméga-3 (FAO, 2014).

Ces dernières années, l'aquaculture a connu une croissance remarquable à l'échelle mondiale, devenant la principale source alternative de produits aquatiques en réponse à l'épuisement des ressources halieutiques (FAO, 2022). Son développement soulève cependant d'importantes problématiques environnementales, notamment celle de la contamination chimique par les polluants métalliques (Fahssi et al., 2016). En Algérie, l'élevage de la daurade *Sparus aurata* représente l'un des pans majeurs de la filière aquacole marine en pleine expansion (Chalabi, 2020). Or, l'implantation des fermes d'élevage en zones littorales les expose à diverses sources de pollution métallique d'origine tellurique et anthropique. (Remili & Kerfouf, 2013).

Les métaux lourds comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le zinc (Zn), le cuivre (Cu) le nickel (Ni) le chrome (Cr) et l'arsenic (Ar) posent de graves risques en raison de leur toxicité confirmée pour les organismes vivants et les écosystèmes. (Biegala, 2015). Les risques pour la santé du consommateur final de produits aquatiques contaminés sont sérieux en raison de leur caractère non biodégradable et de leur tendance à s'accumuler dans les chaînes alimentaires. (Bensaci et al., 2014). Ainsi, des réglementations nationales et internationales ont établi des teneurs maximales admissibles en métaux lourds dans les denrées alimentaires issues des milieux aquatiques (Lounas et al., 2021).

Cette étude vise à examiner de manière approfondie la présence de métaux dans les poissons *Sparus aurata* élevés dans les fermes aquacoles de la région côtière de Chlef, dans le nord-ouest de l'Algérie. Cette zone, caractérisée par une intense activité industrielle, portuaire et urbaine, est exposée à des polluants métalliques d'origine humaine. (Taibi & Reguieg, 2021). Des recherches antérieures ont déjà signalé la présence de concentrations préoccupantes de métaux contaminants dans les sédiments de la baie de Ténès. (Bachouche, 2017) .

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les niveaux de contamination en plomb, cadmium, zinc, nickel et cuivre dans les chairs comestibles de daurades provenant de l'aquaculture locale. Une comparaison avec les normes réglementaires aidera à évaluer les risques sanitaires associés à leur consommation et à diagnostiquer la pollution métallique dans la wilaya de Chlef.

Pour mener à bien cette étude, une campagne d'échantillonnage a été conduite sur une ferme aquacole de la baie de Ténès. Les concentrations en métaux lourds au niveau d'une chair des daurades ont ensuite été déterminées par principe de SAA.

Cette recherche fournira un aperçu inédit la contamination métallique dans une production aquacole marine locale d'importance économique pour la région, tout en contribuant à une meilleure compréhension de l'impact des métaux lourds sur l'écosystème marin côtier de Chlef.

Le présent manuscrit est structuré de la manière suivante :

➤ **Généralités :**

Aborde la pollution marine par les métaux lourds et caractéristiques

De quelques métaux lourds

➤ **Zone d'étude :**

Nous nous concentrons sur la description complète de notre zone

D'étude, la baie de Ténès wilaya de Chlef, en fournissant des informations essentielles sur son environnement, sa géographie et ses caractéristiques distinctives.

➤ **Matériels et méthodes :**

Est dédié à la présentation des protocoles utilisés sur le

Terrain ainsi qu'au laboratoire, en détaillant le matériel et les méthodes d'analyse

Employés pour recueillir et étudier les échantillons.

➤ **Résultats et discussions :**

Les résultats obtenus sont présentés et interprétés en détail

Dans cette partie, pour détecter la concentration des métaux lourds dans la chair chez la daurade

➤ **Conclusion :**

Le manuscrit se conclut par un chapitre dédié aux conclusions tirées de

Cette étude, ainsi que par des perspectives prometteuses pour d'éventuels travaux

Futurs et amélioration possible.

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:

Dans un sens strict, la contamination se réfère à la présence d'un composé chimique dans un habitat ou chez les organismes qui y vivent à une concentration anormalement élevée due à des causes non naturelles. La pollution, quant à elle, englobe toute forme de contamination ayant un impact nocif sur les organismes d'un écosystème, altérant leur croissance, leur reproduction, et interférant avec les activités humaines, la santé et la valeur des propriétés. De manière plus générale, la contamination et la pollution incluent également les altérations physiques de l'énergie ou du rayonnement dans un environnement, ainsi que la présence d'espèces envahissantes. La pollution marine, définie par le Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine (GESAMP) dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982, implique l'introduction d'éléments ou d'énergie par l'homme dans le milieu marin, entraînant divers effets néfastes tels que des dommages aux ressources biologiques, des risques pour la santé humaine, des perturbations des activités maritimes, la détérioration de la qualité de l'eau de mer et la diminution des commodités (Geert Potters, 2013).

I.1.1 La pollution marine en Algérie :

I.1.2 Zones touchées

Les zones côtières algériennes sont fortement impactées par la pollution venue de la terre ferme. Près de 90% de cette pollution d'origine tellurique est apportée par les fleuves et les rejets directs, notamment dans des baies très urbanisées comme celle d'Alger (Kacemi, 2006).

I.1.3 Activités génératrices et évolution

De nombreuses activités humaines sur le littoral sont sources de contamination chimique et microbiologique : rejets domestiques et industriels, ruissellement agricole, extraction des hydrocarbures en mer. La situation ne cesse de s'aggraver depuis plusieurs décennies (Baghdad et al., 2015).

Une évaluation du risque écologique lié aux métaux lourds (Zn, Cu, Mn, Fe, Ni, Cr, V, As, Pb, Cd et Co) a été réalisée le long de la côte algérienne. Cinquante et une stations ont été sélectionnées le long des zones de pêche chalutables d'Algérie.

Les résultats montrent une faible pollution métallique le long de la côte, principalement attribuée à la présence d'arsenic (As). Cependant, les concentrations de nickel (Ni), de chrome (Cr) et d'arsenic (As) dépassent leurs valeurs seuils respectives définies par les Recommandations pour la Qualité des Sédiments (plage d'effet faible) (Talbi & Kachi, 2019).

I.1.4 La pollution marine à Chlef :

La côte de la wilaya de Chlef, s'étendant sur près de 120 km, est sujette à diverses pressions anthropiques génératrices de pollution marine. Les principales sources identifiées sont les rejets industriels, urbains et agricoles (Ilbert et al., 2005). La zone industrielle de Ténès abrite notamment des activités métallurgiques, cimentières et de dérochage dont les effluents sont suspectés de véhiculer des contaminants métalliques vers le milieu marin. (Falquet, 2018). Des études antérieures ont d'ailleurs révélé des concentrations préoccupantes de métaux lourds comme le plomb, le cadmium et le mercure dans les sédiments côtiers de la baie de Ténès (Lounas et al., 2021). La prolifération d'installations aquacoles dans cette zone pourrait ainsi exposer les organismes d'élevage à un risque de bioaccumulation de ces polluants. Par ailleurs, les apports telluriques par les oueds côtiers représentent également des vecteurs potentiels d'apports de contaminants d'origines urbaines, industrielles et agricoles (Ghalmi, 2019).

I.2 Les types de pollution marine :

I.2.1 Les pollutions biologiques:

Telles que les marées vertes, sont souvent causées par la prolifération excessive d'algues, résultant d'un excès d'éléments fertilisants comme le phosphore et l'azote dans l'eau. Bien que la plupart des algues ne soient pas dangereuses et servent de source de nourriture aux animaux marins, certaines espèces peuvent devenir nocives en produisant des toxines lorsqu'elles se multiplient rapidement, ce qui peut être préjudiciable aux êtres vivants et à l'environnement. (Belouanas Née Benbelkacem, 2020).

I.2.2 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 macro-déchets 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. **(Belouanas Née Benbelkacem, 2020).**

I.2.3 La pollution marine par les hydrocarbures:

Est principalement due aux énergies fossiles comme le pétrole et le gaz naturel. Chaque année, environ 6 millions de tonnes de ces substances sont déversées dans les océans, en faisant la principale source de pollution marine mondiale. Ce type de pollution se manifeste rapidement avec des marées noires, affectant l'environnement et la vie marine. **(Belouanas Née Benbelkacem, 2020).**

I.2.4 Les pollutions chimiques :

Les activités quotidiennes de l'homme impliquent souvent l'utilisation de produits chimiques nocifs, tels que le liquide vaisselle ou le shampoing. Ces produits contiennent des polluants qui, une fois utilisés, sont évacués dans les eaux usées. De plus, dans l'agriculture conventionnelle, l'utilisation d'engrais et de pesticides contribue à la pollution des sols et des eaux. Les industries jouent également un rôle majeur dans la contamination de l'eau. **(Belouanas Née Benbelkacem, 2020).**

I.2.5 La pollution microbiologique :

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

I.2.6 La pollution physique :

L'accumulation croissante de déchets solides dans l'environnement marin, en particulier les plastiques fragmentés en micro plastiques, affecte les espèces marines par ingestion ou enchevêtrement. **(Barboza, 2015).**

I.2.7 La pollution radioactive :

La production d'électricité dans une centrale nucléaire engendre des déchets radioactifs, extrêmement nocifs pour l'environnement et les êtres vivants. Pendant longtemps, de nombreux pays ont simplement déversé ces déchets dans les océans, entraînant la contamination de nombreuses espèces marines. **(Belouanas Née Benbelkacem, 2020).**

I.2.8 La pollution sonore:

Dans le domaine du silence, est perçue comme une forme d'agression sonore. Bien que les

scientifiques ne soient pas encore certains, le bruit peut avoir des répercussions graves sur la santé des animaux marins, notamment sur leur capacité auditive. **(Belouanas Née Benbelkacem, 2020).**

I.3 Les sources de pollution marine :

48% proviennent de la terre, notamment des rejets industriels, des eaux usées urbaines, de l'extraction pétrolière, de l'exploitation minière, des pesticides et des engrais agricoles.

35% ont une origine atmosphérique.

17% sont issus des activités maritimes, telles que les marées noires, le déballastage et le dégazage illégal. Ces polluants sont ensuite transportés par les courants marins, aboutissant finalement sur nos plages. **(Belouanas Née Benbelkacem, 2020).**

I.4 La pollution par les métaux lourds :

Certains métaux comme le mercure, le plomb et le cadmium présentent un caractère toxique et persistant dans les milieux aquatiques. Ils sont bioaccumulables et se concentrent progressivement dans les sédiments et les réseaux trophiques). Les principales sources d'introduction de ces polluants inorganiques en zone côtière sont les rejets industriels, les peintures anti-salissures des navires et l'épandage d'engrais phosphatés contenant des impuretés métalliques. La surveillance des teneurs en métaux lourds dans le biote et les sédiments est nécessaire pour suivre l'évolution de cette menace pour les écosystèmes côtiers **(Ouali et al., 2009).**

I.5 Généralités sur les métaux lourds

I.5.1 Définition des « métaux lourds »

Les métaux lourds sont des éléments métalliques naturels qui forment des cations en solution et possèdent une masse volumique supérieure à 5 g/cm³. Ils ont la particularité de ne pas se détruire mais seulement de changer de forme chimique. De plus, ils présentent des propriétés recherchées dans l'industrie mais aussi une toxicité pouvant engendrer des effets irréversibles. **(Lacoue-Labarthe, 2007).**

Les métaux lourds comprennent environ 65 éléments du tableau périodique, métaux et dans certains cas métalloïdes. Le terme "métaux lourds"(ML) désigne ainsi ce groupe d'éléments métalliques denses, persistants dans l'environnement et potentiellement toxiques. **(Domy C. Adriano, 2001).**

I.5.2 Classification des métaux lourds

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

I.5.2.1 Les métaux essentiels :

Sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques. (**Loue, 1993**). Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli-molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides (**Kabata-Pendias, 2000**).

I.5.2.2 Les métaux toxiques :

Ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd).

Le terme métaux lourds, « heavy metal », implique aussi une notion de toxicité. Le terme « éléments traces métalliques » est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement (**Baker, A.J.M. et Walker, P.L., 1989**).

Dans ce contexte, nous utiliserons le terme « métaux lourds » dans le sens de l'impact toxique sur les humains et les environnements.

I.5.3 L'origine des métaux lourds

I.5.3.1 Origine naturelle

Les métaux lourds sont présents naturellement dans les roches, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique (**Berthelin, J, 1998**).

I.5.3.2 Origine anthropique

Les principales sources de métaux lourds dans l'environnement marin sont d'origine anthropique, diverses et sporadiques. Elles proviennent des rejets domestiques et urbains, notamment des déchets ménagers, des boues des stations d'épuration et des résidus des eaux

usées. Les métaux lourds diffus dans l'environnement, résultant des activités agricoles, comprennent principalement les engrais phosphatés, les pesticides et les produits phytosanitaires, ainsi que les additifs alimentaires utilisés dans l'élevage (**Amiard, 2011**).

I.5.4 Effets toxiques des métaux lourds sur l'écosystème aquatique

Les métaux lourds peuvent contaminer les eaux de surface et souterraines, perturbant ainsi l'équilibre des écosystèmes aquatiques. À des concentrations élevées, ces métaux deviennent toxiques en raison de leur capacité à s'accumuler dans les organismes vivants (Belabed, 2010).

Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage dans la biomasse. Ce transfert peut entraîner des toxicités directes, se manifestant rapidement par une atteinte de la biomasse, ou indirectes, liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes (Ramade, 1998).

La faune des milieux aquatiques est exposée à un phénomène de bioaccumulation métallique. Les fruits de mer, mollusques et crustacés, et dans une moindre mesure certains poissons, sont d'excellents capteurs de polluants. Ces organismes accumulent principalement le cadmium et, dans une moindre mesure, le plomb, mais peu le mercure. Les intoxications les plus graves chez l'homme, notamment pour le mercure, ont souvent été liées à la consommation de poissons (Belabed, 2010).

Aux niveaux trophiques supérieurs, les effets observés incluent un retard du développement des embryons, des malformations et une croissance ralentie des adultes chez les poissons, les mollusques et les crustacés (Chouti et al, 2010).

I.5.5 Effets sur la santé humaine

Les métaux lourds peuvent exercer une toxicité sur de nombreux systèmes physiologiques comme les systèmes cardio-vasculaire, nerveux, rénal, osseux et hépatique. Cette toxicité s'exprime particulièrement lors d'une exposition prolongée, même à faibles doses de ces éléments toxiques, entraînant alors des effets délétères observés au niveau de ces différents systèmes chez les organismes contaminés (**Christy C. Bridges, 2017**).

I.5.6 Toxicité

La toxicité engendrée par les métaux lourds est modulée par plusieurs paramètres physicochimiques et biologiques. Parmi les principaux, on peut citer leur solubilité qui influence leur biodisponibilité, leur bioaccumulation au sein des organismes vivants qui accentue leur toxicité au long cours, ainsi que leur capacité à induire la formation de radicaux libres réactifs déclenchant un stress oxydant toxique pour les cellules. (**Jaishankar et al., 2014**).

I.6 Présentation détaillée des métaux analysés

I.6.1 Cadmium

I.6.1.1 Sources :

Le cadmium est majoritairement employé au niveau industriel, dans la métallurgie ainsi que dans la fabrication de pigments pour la coloration. Ce métal toxique contaminant les écosystèmes provient également de diverses sources telles que les engrais phosphatés utilisés en agriculture, les rejets issus d'activités industrielles polluantes, ainsi que de la combustion à grande échelle des énergies fossiles et des déchets ménagers, générant tous du cadmium rejeté dans l'environnement (FU et al., 2016).

I.6.1.2 Toxicité :

Étant un élément non essentiel, le cadmium se révèle hautement toxique pour l'organisme, ses effets délétères s'exprimant même à de faibles concentrations d'exposition. Une fois absorbé, il a tendance à s'accumuler préférentiellement dans le foie et les reins, engendrant des nécroses tissulaires au niveau de ces organes cibles. De plus, le caractère cancérigène avéré du cadmium lui confère un potentiel génotoxique. Au final, l'intoxication chronique à ce métal lourd peut induire chez l'Homme divers troubles physiologiques sévères dont des pathologies rénales, osseuses ainsi que respiratoires. (Jaishankar et al., 2014)

I.6.1.3 Réglementation :

La concentration maximale de cadmium dans les produits de la pêche est réglementée au niveau canadien. Elle est de 0,043 mg/kg de poids frais dans la chair de poissons tels que la daurade (Règlement AFNORE).

I.6.2 Plomb

I.6.2.1 Sources :

Bien que possédant des origines naturelles, l'essentiel du plomb présent dans l'environnement provient désormais d'usages industriels tels que la composition de batteries et peintures notamment. Sa dissémination est ainsi attribuable aux rejets aquatiques d'eaux usées, à l'épandage d'engrais contenant du plomb, à sa libération lors de la combustion à grande échelle de charbon et d'essence, ainsi qu'au relargage important depuis les décharges de déchets ménagers et industriels. (Pourang et al., 2004).

I.6.2.2 Toxicité :

Doté d'un large spectre de toxicité touchant de multiples systèmes biologiques, l'intoxication au plomb affecte particulièrement les fonctions nerveuses, hématologiques, rénales et reproductrices. Même à faibles doses, ce métal peut engendrer des atteintes neurotoxiques graves telles que des altérations cognitives et motrices, d'autant plus marquées durant l'enfance du fait de la grande vulnérabilité du développement cérébral face à ce contaminant (Mason et al., 2014).

I.6.2.3 Réglementation :

La teneur maximale en plomb admise dans la chair de poissons d'élevage tels que la daurade est de 0,065 mg/kg de poids frais selon les normes canadiens (**Règlement AFNORE**).

I.6.3 Zinc

I.6.3.1 Sources :

Élément naturel essentiel retrouvé dans les écosystèmes, le zinc possède également des origines anthropiques liées aux rejets miniers, aux eaux usées domestiques déversées par les zones urbaines, à son utilisation dans la composition d'engrais phosphatés épandus en agriculture, ainsi qu'à sa présence au sein des lixiviats émanant de décharges de déchets ménagers et industriels (Tchounwou et al., 2012).

I.6.3.2 Toxicité :

Bien qu'indispensable au bon fonctionnement de nombreuses fonctions physiologiques, le zinc peut également exercer une toxicité lors d'expositions massives, entraînant alors divers troubles au niveau gastro-intestinal, hématologique ainsi que neurosensoriel. Néanmoins, sa toxicité à long terme se révèle assez limitée chez l'être humain comparativement à d'autres métaux toxiques tels que le cadmium ou le plomb (Plum et al., 2010).

I.6.3.3 Réglementation :

La concentration maximale de zinc dans les produits de la pêche est réglementée au niveau canadien. Elle est de 26.6 mg/kg de poids frais dans la chair de poissons tels que la daurade (**Règlement AFNORE**).

I.6.4 Cuivre :

I.6.4.1 Sources :

Le cuivre est un métal largement utilisé dans de nombreux domaines industriels. Il est notamment extrait des mines puis fondu dans des fonderies avant d'être utilisé dans la sidérurgie. Dans le secteur agricole, le cuivre intervient sous différentes formes : les engrais cupriques apportent cet oligo-élément essentiel aux plantes, tandis que certains pesticides à base de cuivre permettent de lutter contre les maladies fongiques. Enfin, les déchets d'élevage, comme le lisier, peuvent contenir des quantités non négligeables de cuivre provenant des aliments pour animaux. (Parra, P et al., 2016; Bremner, 1998).

I.6.4.2 Toxicité :

Le cuivre est un oligo-élément essentiel pour l'organisme, mais il peut devenir toxique à fortes doses. Une exposition excessive au cuivre peut avoir des effets néfastes sur le foie (hépatotoxicité), les reins (néphrotoxicité) et le système immunitaire. De plus, le cuivre peut causer des dommages oxydants dans l'organisme. Il est donc important de maintenir un équilibre dans les apports en cuivre pour éviter les effets toxiques tout en assurant les fonctions essentielles de cet élément (Bremner, 1998, Parra, P et al 2016).

I.6.4.3 Réglementation UE :

La concentration maximale de cuivre dans les produits de la pêche est réglementée au niveau canadien. Elle est de 2.34 mg/kg de poids frais dans la chair de poissons tels que la daurade (Règlement AFNORE).

I.6.5 Manganèse :

I.6.5.1 Sources :

Le manganèse se trouve naturellement dans les roches et les sols. Il est extrait principalement des mines de manganèse pour être utilisé dans diverses applications industrielles. Il est un composant essentiel dans la production d'acier et de ferro-alliages, où il agit comme un élément d'alliage pour améliorer les propriétés mécaniques des matériaux. . (Wang, H et al., 2021; Guilarte, 2013).

I.6.5.2 Toxicité :

Le manganèse est un élément essentiel pour le corps humain, mais il peut devenir toxique à fortes doses lors d'une exposition chronique. Une intoxication au manganèse peut entraîner des effets neurotoxiques, notamment un syndrome parkinsonien manganique. Ce syndrome se caractérise par des troubles du comportement et des troubles moteurs. Une exposition prolongée à de fortes concentrations de manganèse peut donc avoir des conséquences graves sur la santé. (Wang, H et al., 2021; Guilarte, 2013).

I.6.5.3 Réglementation UE :

La concentration maximale de manganèse dans les produits de la pêche est réglementée au niveau canadien. Elle est de 3.66 mg/kg de poids frais dans la chair de poissons tels que la daurade (**Règlement AFNORE**).

I.6.6 Chrome :

I.6.6.1 Sources :

Le chrome est un métal omniprésent dans l'environnement, provenant principalement d'activités industrielles. Bien que le chrome trivalent soit un nutriment essentiel, le chrome hexavalent est une forme toxique qui nécessite une surveillance et un traitement appropriés. (**Paul, A et al, 2019; ATSDR, 2012**).

I.6.6.2 Toxicité :

Le chrome, notamment sous sa forme hexavalente (Cr(VI)), présente des risques toxicologiques importants, en particulier par inhalation. Une exposition peut avoir des conséquences graves sur différents systèmes physiologiques. (**ATSDR, 2012**).

I.6.6.3 Réglementation UE :

La concentration maximale de chrome dans les produits de la pêche est réglementée au niveau canadien. Elle est de 34.7 mg/kg de poids frais dans la chair de poissons tels que la daurade (**Règlement AFNORE**).

I.6.7 Nickel :

I.6.7.1 Source :

Les principales sources anthropiques de nickel sont liées aux activités industrielles utilisant ou produisant ce métal, ainsi qu'à la combustion de combustibles fossiles et à l'incinération des déchets. Une meilleure maîtrise des procédés industriels et le développement de techniques de dépollution permettraient de réduire significativement les émissions de nickel dans l'environnement. (**Kasprzak et al, 2003; ATSDR, 2005**).

I.6.7.2 Toxicité :

Le nickel, métal présent dans l'environnement et les produits industriels, peut causer de graves problèmes de santé s'il n'est pas manipulé avec précaution. Inhalation, contact avec la peau ou ingestion sont les principales voies d'exposition. Cancers, problèmes respiratoires, allergies, troubles de la reproduction. (**ATSDR, 2005; Kasprzak et al, 2003**).

I.6.7.3 Réglementation UE :

La concentration maximale de nickel dans les produits de la pêche est réglementée au niveau canadien. Elle est de 19.4 mg/kg de poids frais dans la chair de poissons tels que la daurade (**Règlement AFNORE**).

I.6.8 Fer :

I.6.8.1 Sources :

Bien que naturellement très présent dans la croûte terrestre, le fer est aussi largement dispersé par les activités humaines, en particulier l'industrie sidérurgique et la combustion de combustibles fossiles et de déchets. Cela contribue à sa circulation dans les différents compartiments de l'environnement (**Ganz, 2013**).

I.6.8.2 Toxicité :

Bien que nécessaire en faibles quantités, le fer peut devenir toxique à très fortes doses. Une surcharge en fer, par exemple due à une absorption excessive ou à une maladie génétique, peut entraîner une surcharge hépatique. Cela peut endommager le foie et d'autres organes. Les symptômes d'une intoxication au fer incluent des douleurs abdominales, des vomissements, de la diarrhée, et dans les cas les plus graves, un choc circulatoire pouvant mettre la vie en danger (**Ganz, 2013**).

I.6.8.3 Réglementation UE :

La concentration maximale de fer dans les produits de la pêche est réglementée au niveau canadien. Elle est de 142 mg/kg de poids frais dans la chair de poissons tels que la daurade (**Règlement AFNORE**).

Chapitre II :
La daurade royale (Sparus
aurata)

Chapitre II : La daurade royale (Sparus aurata)

II. La daurade royale

II.1 Origine des noms :

Origine du nom français

Le nom de ce poisson veut dire « doré(e) ». L'origine du nom est double, selon l'orthographe

Adoptée : soit du provençal « daurada », soit de l'espagnol « dorada » (**Benammar, 2017**).

Origine du nom scientifique

Du latin [Sparus] = spare, nom d'un poisson de mer, et [aurata] = nom latin de la dorade.

(**Linné, 1758**).

II.1.1 Systématique :

Sparus aurata appartient à la famille des Sparidés, selon la classification suivante :

Règne : Animalia

Embranchement : Chordata

Sous-embr : Vertebrata

Superclasses : Osteichthyes

Classe : Actinopterygii

Sous-classe : Neopterygii

Infra-classe : Teleostei

Super-ordre : Acanthopterygii

Ordre : Perciformes

Sous-ordre : Percoidei

Famille : Sparidae

Genre : *Sparus*

Espèce : *aurata*. (**Linnaeus, 1758**).

.Synonymes

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

- *Aurata aurata* (**Linnaeus, 1758**).
- *Chrysophrys aurata* (**Linnaeus, 1758**).
- *Chrysophrys crassirostris* (**Valenciennes, 1830**).

(**Fishbase**).

II.1.2 Morphologie :

La daurade royale présente un corps ovale et méplat latéralement. Sa tête est pointue, avec un profil concave caractéristique. Sa bouche, de petite taille, est positionnée à l'extrémité du museau. Sa coloration générale est argentée, avec une tache dorée distinctive sur la partie supérieure de la tête. (Barnabe, 1976).

Sa nageoire dorsale, unique et non séparée, compte de 11 à 12 épines et de 10 à 12 rayons mous. Sa nageoire caudale est quant à elle fourchue.

C'est un poisson de taille importante pouvant atteindre 90 cm de long et 5 kg.

Des différences morphologiques sont observées entre mâles et femelles. Les mâles présentent notamment une coloration plus vive, une tête plus massive et des canines plus développées. (Hala & Bakiu, 2024)

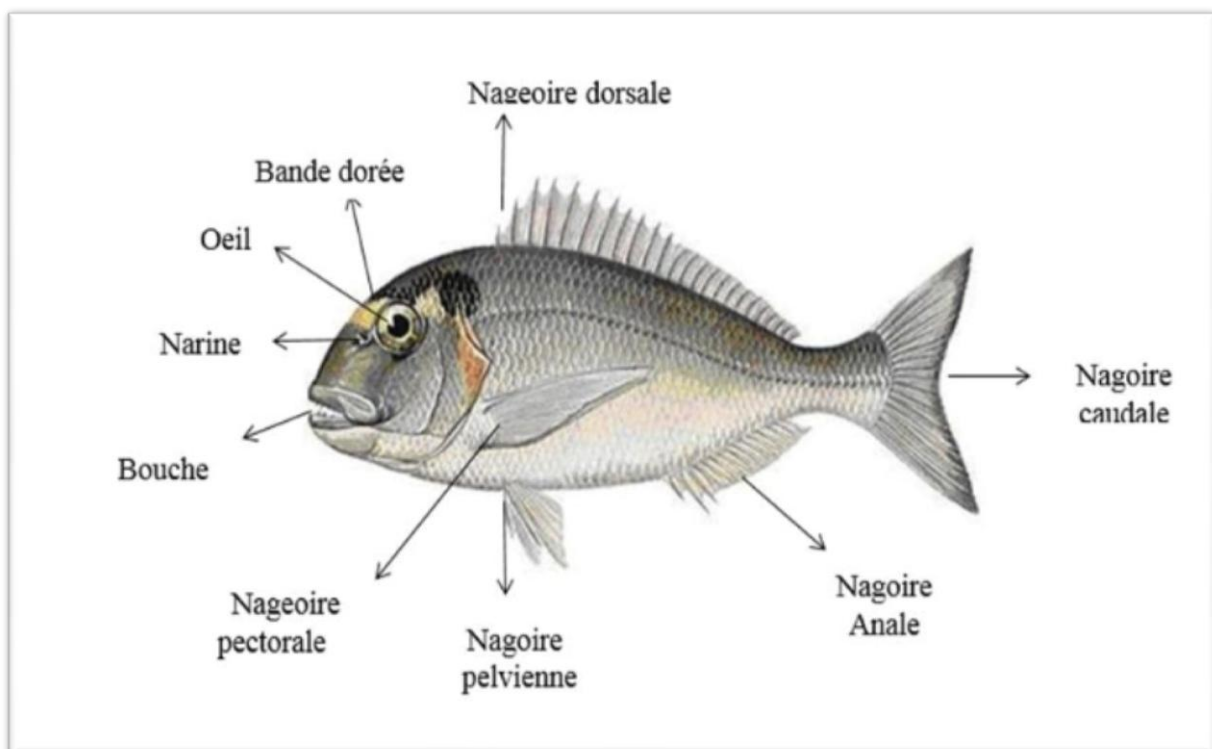


Figure 1:schéma de la morphologie de la daurade. (Nechniche, 2022)

II.1.3 Habitat :

La Daurade vit seule ou en petits groupes, surtout en zone côtière. Ce poisson s'accommode de toutes sortes de fonds (sableux, rocheux...)(FERRA C, 2008) . En mer ouverte la daurade royale est normalement trouvée sur les rochers et les herbiers marins (*Posidoniaoceanica*) mais elle est aussi fréquemment capturée sur des fonds sableux (FAO, 2014).

Comme elle est euryhaline et eurytherme, cette espèce est rencontrée dans des

environnements aussi bien marins que saumâtre telle que les lagunes côtières et les zones estuaires, en particulier durant les stades initiaux de son cycle de vie. Nés en mer ouverte durant octobre-décembre, les juvéniles migrent au début du printemps vers des eaux côtières abritées, où ils peuvent trouver des ressources trophiques abondantes et des températures plus douces. A la fin de l'automne, ils retournent en mer ouverte, où les adultes se reproduisent (FAO, 2014).

II.1.4 Croissance :

La croissance de la Daurade diffère selon le milieu. Elle est plus rapide les premières années, dans les étangs saumâtres qu'en mer (FERRA C, 2008).

La taille correspondant à la première maturité sexuelle, est de 33-40 cm pour un poids de 1 à 3 kg. La taille commune est de 35 cm.

- Vers 9 ans, elle atteint 50 à 60 cm. - La taille maximale atteinte, est 70 cm - Le poids maximal reporté, est de 17.2 kg Age maximal reporté : 11 ans (Michel Marengo, 2014)



Figure 2: Dicentrarchus labrax a différentes tailles (Ould aklouche, 2016)

II.1.5 Régime alimentaire :

La dorade, souvent surnommée "gueule pavée" en raison de ses puissantes mâchoires armées de canines et de rangées de molaires en forme de pavé, est une spécialiste des mollusques et des crustacés. Capable de broyer facilement des moules, des huîtres et des crabes par simple pression, elle préfère généralement se nourrir de jeunes moules, avec des crustacés et des vers

marins en appont. Toutefois, son appétit peut être influencé par les fluctuations de température, diminuant lorsque l'eau se refroidit légèrement. La saison de pêche connaît généralement deux périodes de prospérité : au début et à la fin de la saison, avec un pic en été. Après la reproduction, la dorade constitue des réserves avant de repartir vers les eaux profondes pour l'hiver. (Chaoui et al., 2005).

II.1.6 Cycle de développement :

La daurade est une espèce « hermaphrodite successive protandre » d'abord mâle, elle atteint sa maturité sexuelle entre 1 et 2 ans (taille de 20 à 30 cm), puis elle devient femelle vers 3 ans (soit à une taille d'environ 30 à 40 cm), pour une espérance de vie de 11 ans. La fécondation est externe, la saison de reproduction variant selon la région Une femelle peut pondre 1 million d'œufs par kg chaque année en plusieurs pontes successives. Les œufs d'environ 0,9 mm de diamètre donnent naissance à des larves minuscules (moins de 3 mm) dont le poids n'excède pas quelques dixièmes de milligrammes. Les larves sont nées en pleine mer d'octobre à décembre et les juvéniles migrent généralement au début du printemps vers Les eaux côtières protégées, où ils peuvent trouver des ressources trophiques abondantes et des températures moyenne. (Chaoui et al., 2005).

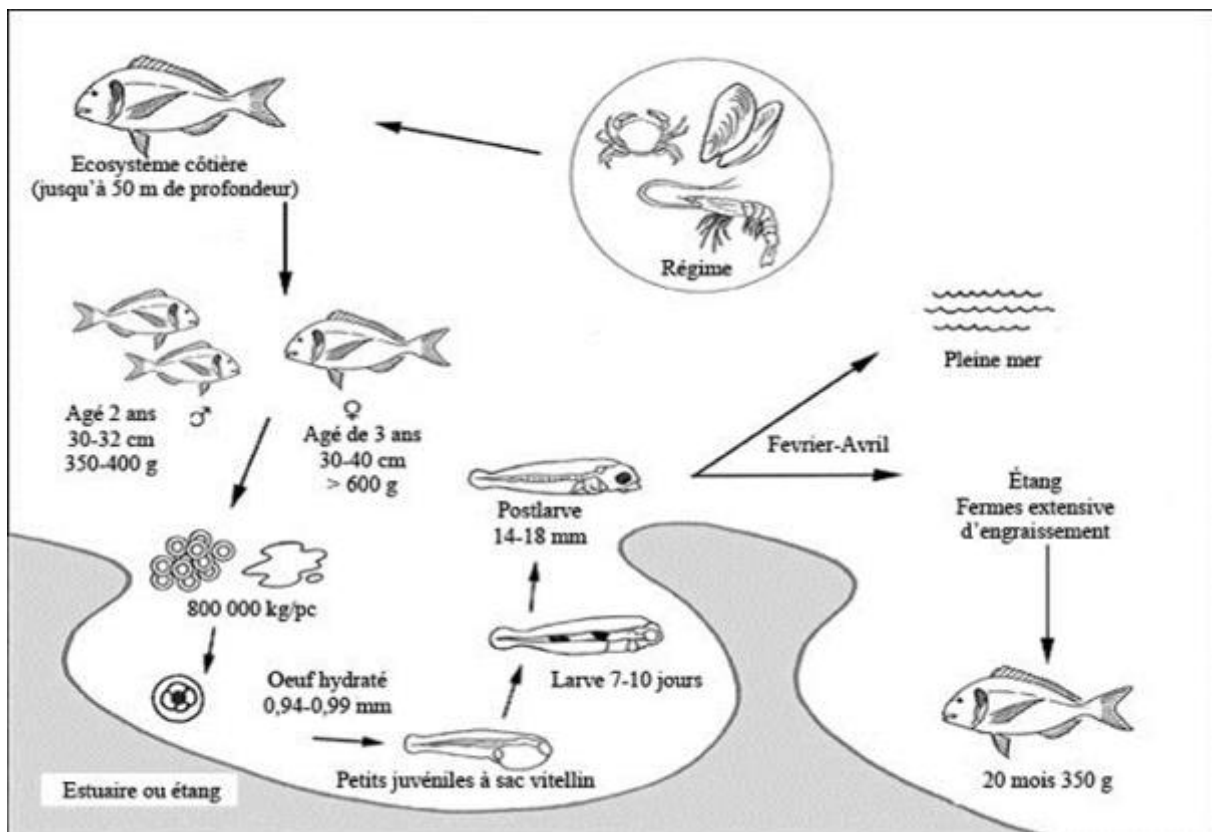


Figure 3: Cycle de reproduction de la Daurade en milieu nature (FAO, 2014).

II.1.7 Méthode de différenciation :

II.1.7.1 Daurade sauvage / Daurade d'élevage

Dans un contexte de diminution des ressources et d'augmentation de l'aquaculture, la distinction entre poissons sauvages (pêche) et poissons d'élevage (aquaculture) est un enjeu important pour l'authentification des produits de la mer. Pour cela, différentes méthodes peuvent être utilisées (**Grigorakis, 2007**).

II.1.7.2 Analyse morphologique

Les caractéristiques morphologiques varient en fonction de l'espèce, de la sélection génétique et des conditions d'élevage, pouvant entraîner des différences observables. Par exemple, la daurade royale élevée intensivement présente généralement un corps moins large, une peau plus fine, une tête plus fuselée, une couleur plus claire, des nageoires dorsales plus effilées et une ligne dorée sur la tête par rapport à la daurade royale sauvage.

La maturité sexuelle peut également être un indicateur distinctif, car les poissons d'élevage sont généralement abattus avant d'atteindre cette étape pour maintenir la qualité sensorielle et uniformiser les caractéristiques. Parfois, des malformations osseuses, telles que des déformations de l'axe vertébral ou de la mâchoire, peuvent survenir chez certains poissons d'élevage au cours de leur développement, bien que cela soit moins fréquent. (**Grigorakis, 2007**).

II.1.7.3 Analyse des lipides

La quantité de lipides peut fournir des indices sur la provenance des poissons : en règle générale, la chair des poissons d'élevage contient plus de lipides (graisses) que celle des poissons sauvages. Cette observation a été confirmée pour des espèces telles que le bar ou le turbot. Les animaux élevés possèdent une chair plus grasse car leur alimentation est souvent plus riche en lipides et ils ont tendance à être moins actifs que leurs homologues sauvages. (**Alasalvar et al., 2002**)

II.1.8 Techniques d'élevage, structures et caractéristiques

II.1.8.1 Caractéristiques de l'espèce élevée (sparus aurata) :

La dorade est une espèce résistante de haute valeur commerciale. Elle se caractérise par une reproduction naturelle facile en captivité. Le pré grossissement et grossissement sont rapides. Seule la phase d'élevage larvaire est délicate car les alevins peuvent montrer une malformation surtout au niveau de l'opercule et les mâchoires. (**REGRAGUI, 2020**).

II.1.8.2 Structures d'élevage :

Les cages flottantes en mer sont généralement circulaires ou carrées, avec un filet suspendu à un cadre flottant. Les cages font de 5 à 30 m de diamètre et 10 à 15 m de profondeur (Grøttum & Beveridge, 2007).

Les bassins à terre sont en béton ou résine et font de 100 à 1000 m² avec 1 à 2 m de profondeur. Ils sont équipés de systèmes de filtration et d'oxygénation. L'eau de mer peut être pompée ou l'élevage opéré en circuit fermé (recyclage) (Blancheton, 2000).

II.1.8.3 Modes d'élevage :

La daurade est une espèce hermaphrodite successive protandre¹. Les pontes naturelles sont facilement obtenues en captivité. Une femelle peut pondre 1 million d'œufs par kg chaque année en plusieurs pontes successives. Les œufs d'environ 0,9 mm de diamètre donnent naissance à des larves minuscules (moins de 3 mm) dont le poids n'excède pas quelques dixièmes de milligrammes. La ponte chez la daurade peut se faire toute l'année en agissant sur la température d'élevage et la durée du jour (lumière).

Le diagramme alimentaire des larves de daurade est celui utilisé pour les poissons marins. - par des rotifères (0.15 à 0.25 mm), période la plus critique de l'élevage, - par des larves de petits crustacés (Artemia au stade nauplius de 0,4 à 0,5 mm), - par de micro-granulés, lorsque leur poids est de l'ordre de 20 à 50 mg, soit après un peu plus d'un mois d'élevage à 20°C. Il faut un an et demi à deux ans, selon les conditions climatiques, pour produire des poissons de taille de 300 à 500 g. (REGRAGUI, 2020).

II.1.9 L'aquaculture intensive :

II.1.9.1 Elevage dans les cages :

Les vastes cages d'élevage se composent de cadres fabriqués à partir de gros tuyaux en polyéthylène haute densité (PEHD) ou en acier. En revanche, pour les cages de taille plus modeste, il est courant d'utiliser des barils en plastique vides intégrés à la structure de la cage (Piccolotti, 2014).

II.1.9.2 Empoisonnement des cages les paramètres zootechniques:

La biomasse (exprimée en kg) = poids moyen x nombre de poissons
(Représente le poids total du cheptel).

Le volume d'élevage (exprimé en m³) = capacité de la cage à accueillir
Les poissons.

La densité d'élevage (exprimée en kg/m³) = biomasse (poids total des

Poissons) / volume disponible.

La densité finale (exprimée en kg/m³) = biomasse à la fin du cycle de Production / volume disponible.

Le taux de mortalité (exprimé en %) = fraction de poissons qui seront Perdus (morts, fuites) au cours du cycle de production.

Le potentiel de production (exprimé en kg) = densité finale x volume D'élevage.

La densité finale (qui dépend principalement de l'espèce et des caractéristiques environnementales) permet de déterminer le nombre de poissons à stocker indiquant ainsi le potentiel de production de la cage (**Piccolotti, 2014**)

II.2 Bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons

II.2.1 Mécanismes généraux :

Les poissons possèdent plusieurs voies par lesquelles ils peuvent accumuler les métaux lourds présents dans leur environnement. L'une des premières est l'absorption directe de ces contaminants à travers leurs branchies lors de la respiration aquatique. S'y ajoute également la possibilité d'une ingestion de métaux lourds via leur alimentation composée de nourriture potentiellement contaminée ainsi que par l'ingestion d'eau polluée. Enfin, un transfert maternel des métaux lourds peut s'opérer des poissons adultes vers leurs œufs.

Une fois absorbés, ces métaux ont tendance à s'accumuler principalement dans certains organes ou tissus cibles tels que le foie, les reins et les gonades chez les poissons. (**Kalay & Canli, 2000**).

II.2.2 Facteurs influençant la bioaccumulation

L'accumulation des métaux chez les poissons est un processus complexe dépendant de multiples paramètres propres aux contaminants eux-mêmes ainsi qu'aux conditions environnementales et physiologiques. Concernant les facteurs abiotiques, les concentrations ambiantes en métaux présents dans les eaux et les aliments constituent un prérequis fondamental modulant leur imprégnation. S'y ajoutent des caractéristiques physico-chimiques du milieu aquatique comme la salinité, le pH ou encore la température. À l'échelon physiologique, la taille et l'âge de l'animal, intrinsèquement liés au temps d'exposition, influent également sur l'ampleur de la bioaccumulation. Enfin le fond génétique du poisson selon les espèces dicte aussi pour partie sa sensibilité à accumuler et retenir ces contaminants métalliques au sein de ses tissus. (**Barboza, 2015**).

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

II.3.1 Sources de contamination en élevage

En aquaculture, plusieurs vecteurs peuvent exposer les poissons élevés à des métaux lourds. L'eau de mer utilisée au sein des fermes marines piscicoles constitue une source majeure si celle-ci est significativement contaminée par ces éléments traces. S'y additionnent également les aliments distribués durant l'élevage tels que les farines et huiles de poissons, matériaux pouvant 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 dernier vecteur d'exposition non négligeable pour ces élevages de poissons aux métaux lourds. **(Squadrone et al., 2016)**

II.3.2 Modulation de la bioaccumulation

Comparativement aux poissons évoluant en milieu naturel, ceux provenant d'élevages aquacoles présentent plusieurs particularités susceptibles d'influencer leur accumulation en métaux lourds. En premier lieu, les fortes densités de population appliquées au sein des bassins augmentent la probabilité d'exposition globale du cheptel à ces contaminants. De plus, le contrôle drastique de l'alimentation durant toute la phase d'engraissement permet rarement de limiter les apports quotidiens en ces éléments toxiques. Par ailleurs, la stabilisation des conditions physicochimiques dans les fermes aquacoles facilite aussi leur capture par les organismes. Enfin, les interventions vétérinaires répétées à base de traitements antimicrobiens et antiparasitaires constituent une source supplémentaire d'apport en métaux lourds dans ces milieux semi-fermés. **(Deanna, 2023).**

En conclusion, le milieu aquacole peut être une source non négligeable de contamination aux métaux lourds pour les poissons d'élevage, qu'il est important de surveiller.

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

II.4.1 Revue des travaux et principaux résultats

Récemment, plusieurs travaux scientifiques ont mis en évidence une contamination non négligeable en divers métaux lourds au sein de tissus de daurades (*Sparus aurata*) élevées en Méditerranée. Une étude menée dans des fermes marines grecques a par exemple révélé des niveaux préoccupants de cadmium, plomb, chrome ainsi que de nickel, dépassant par endroits les seuils sanitaires autorisés. Du mercure et de l'arsenic y étaient également quantifiés **(Deanna, 2023).**

De même, des scientifiques turcs ont rapporté de fortes bioaccumulations hépatique et rénale de cadmium et de plomb chez cette espèce aquacole, laissant présager de possibles risques toxicologiques associés. D'importants taux de cuivre et de zinc tissulaires y étaient également relevés (**DOĞAN, 2022**).

Enfin, des chercheurs italiens ont mis en lumière une grande variabilité inter-élevages vis-à-vis des niveaux de contamination par les métaux traces, fortement dictés par l'âge des poissons et leur régime alimentaire aquacole (**Mhalhel .k, 2023**).

Au final, la daurade *Sparus aurata* constituerait une espèce particulièrement sensible à l'accumulation de multiples métaux lorsqu'elle est cultivée en mer

Chapitre III :

Zone d'étude

Chapitre III : Zone d'étude

III. Zone d'étude

III.1 Choix et localisation des stations de prélèvement

Ce chapitre présente une vue d'ensemble de la ferme aquacole de Ténès wilaya de Chlef , cette section donne un aperçu du contexte géographique et des caractéristiques de la zone pour explorer les questions de recherche et les objectifs de notre projet de fin d'étude.

Cette zone d'étude est un choix idéal pour mener des recherches sur l'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 ferme aquacole de Ténès wilaya de Chlef

Cette ferme a été choisie car elle représente un site aquacole majeur pour la production de daurades en Algérie (**Chalabi, 2020**). Sa situation géographique en fait également un lieu stratégique pour évaluer l'impact des pressions anthropiques multiples présentes sur cette portion du littoral (**Taibi & Reguieg, 2021**). Des études antérieures avaient par ailleurs révélé des traces de contamination métallique dans les sédiments de la baie de Ténès, justifiant des investigations complémentaires

. Enfin, l'accessibilité et la proximité de ce site ont facilité la logistique d'échantillonnage.

III.2 Situation géographique

La ferme aquacole est située dans la baie de Ténès, une échancrure de la côte méditerranéenne au nord-ouest de la wilaya de Chlef en Algérie (36°34'N, 1°19'E). Cette baie semi-fermée d'environ 6 km de large pour 3 km de profondeur maximale est ouverte sur la mer Méditerranée. Elle est soumise à un régime de marées semi-diurnes d'une amplitude moyenne de 0,8 m. Les courants de marée dominants suivent un axe Nord-Ouest/Sud-Est. (**Ghalmi, 2019**).

Ténès est une ville côtière de la mer Méditerranée située au nord de l'Algérie à mi-distance d'Alger (à environ 215 km à l'est) et d'Oran (à environ 230 km à l'ouest) à 53 km au nord de Chlef et à 108 km de Cherchell

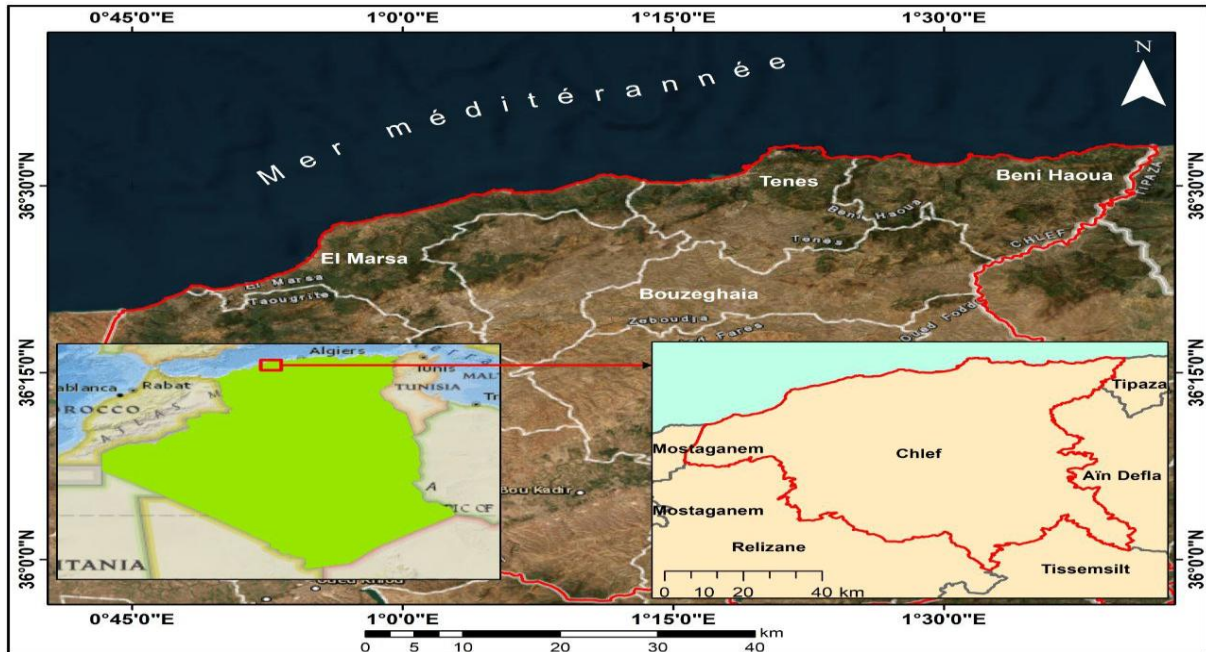


Figure 4 : Carte de la baie de Ténès wilaya de Chlef réalisé avec Arc Gis

III.3 Caractéristiques de la ferme

La ferme aquacole de Ténès est une installation en mer ouverte composée de 14 cages flottantes circulaires de 16 m de diamètre. Implantée depuis 2010, elle couvre une superficie totale de 5 hectares avec une profondeur moyenne sous les cages de 18 m. Sa capacité de production annuelle avoisine les 300 tonnes, principalement de daurades (*Sparus aurata*) mais aussi de loups (*Dicentra chus labrax*). L'élevage se fait en circuit ouvert avec renouvellement permanent de l'eau de mer par les courants. (Chalabi, 2020)

III.4 Contexte environnemental

La zone côtière de Ténès est caractérisée par la présence de plusieurs sources de pollution d'origine anthropique susceptibles d'impacter le milieu marin. On recense notamment une zone industrielle abritant une cimenterie, une usine de dérochage et des unités métallurgiques. Le port de Ténès représente aussi une source de pollution par les activités de transport maritime. Des rejets urbains provenant de la ville de Ténès (150 000 habitants) peuvent également être des vecteurs de contamination. Les principaux cours d'eau se déversant dans la baie sont l'Oued Allala et l'Oued Mina. (Taibi & Reguieg, 2021)

III.5 Climatologie

En 2023, les conditions climatiques dans la région de Ténès ont été marquées par des températures élevées et un déficit pluviométrique notable :

Hiver 2022-2023 : Températures moyennes de 13,5°C en janvier et 14,8°C en février, soit légèrement au-dessus des normales. Quelques gelées matinales ponctuelles.

Printemps 2023 : Doux, avec 17,2°C en mars, 19,6°C en avril et 22,1°C en mai. Épisode de chaleur précoce fin mai avec des pics à 32°C.

Été 2023 : Très chaud, canicule intense du 20 juin au 5 juillet avec des maximales dépassant les 40°C certains jours. Température moyenne de 27,5°C en juillet et 28,1°C en août.

Automne 2023 : Septembre doux (24,7°C), octobre frais (18,3°C).

Températures de l'eau dans la baie : 14-15°C en hiver, 24-26°C en été. (ONM 2023).

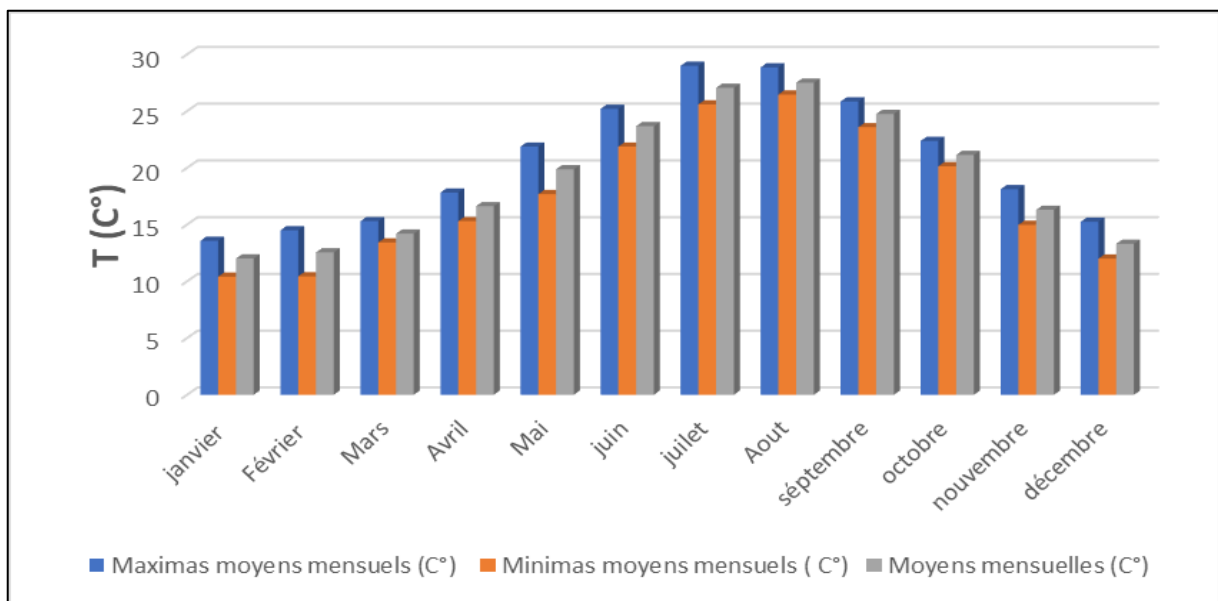


Figure 5 : Histogramme des températures (max, min et moyenne) mensuelles 2004- 2022

III.6 Précipitations

Automne 2022 arrosé : 235 mm

Hiver 2022-2023 dans la norme : 115 mm

Printemps 2023 déficitaire : 65 mm seulement

Été 2023 quasi-absence de pluies : 8 mm en juin-juillet-août

Cumul annuel 2023 estimé à 450 mm, inférieur aux normales (ONM 2023)

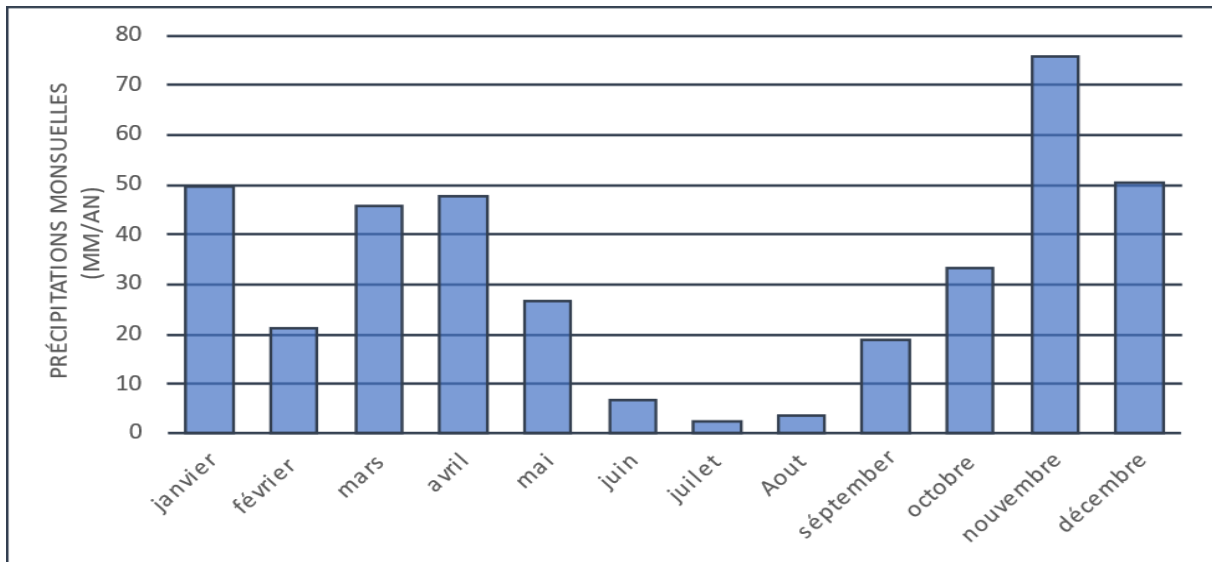


Figure 6 : Histogramme des précipitations mensuelles de la zone de Chlef entre 2004 et 2022

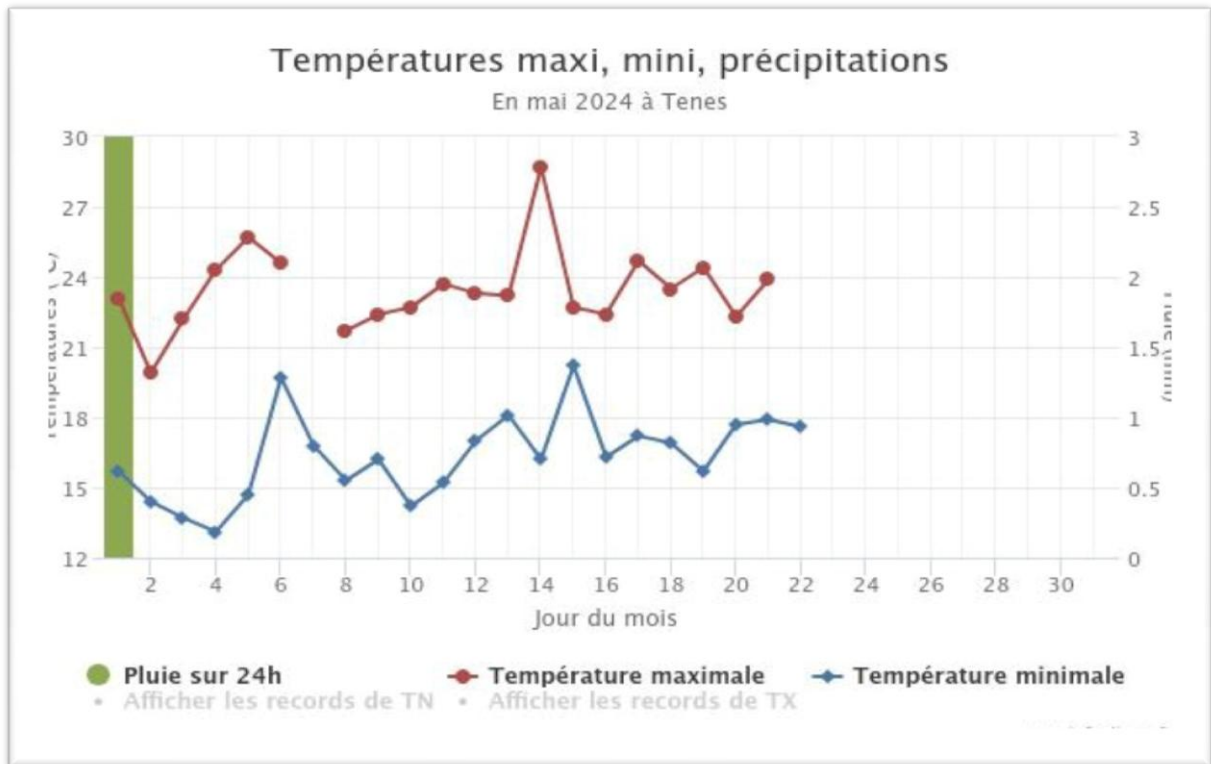


Figure 7 : Températures maxi, mini, et précipitations en mai 2024 à Ténès.

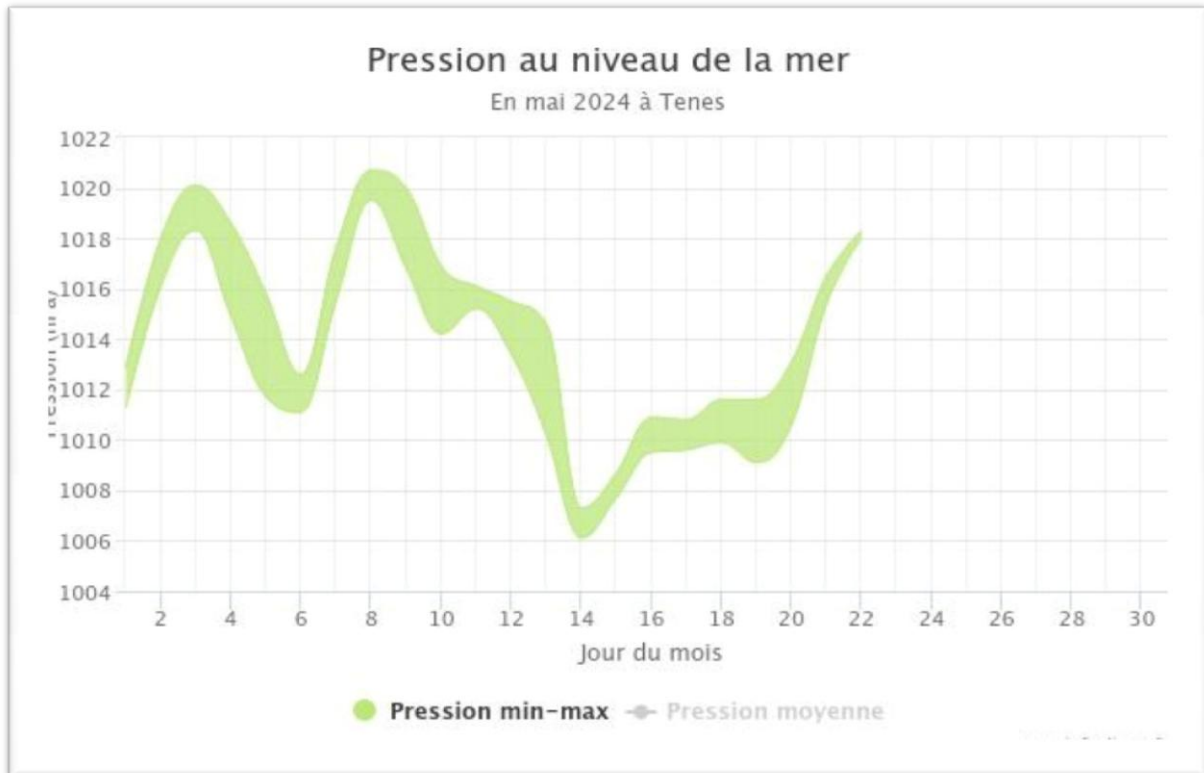


Figure 8 : Pression au niveau de la mer en mai 2024 à Ténès

III.7 Régime des vents

Vents dominants de secteur Ouest à Nord-Ouest comme d'habitude.

Episodes marqués de vents violents de Sud-Ouest en mars (55 nœuds) et novembre (60 nœuds).

Régime de brises thermiques marqué en été.

III.8 Réseau hydrographique

Principaux cours d'eau se jetant dans la baie :

Oued Allala : Longueur d'environ 50 km, traverse la ville de Ténès, principal exutoire des eaux pluviales et potentiellement des rejets urbains avant de se jeter au sud de la baie.

Oued Mina : Cours d'eau d'une trentaine de kilomètres qui rejoint la baie dans sa partie nord-ouest après avoir drainé une zone rurale et agricole.

III.9 Bassins versants associés :

Le bassin versant de l'Oued Allala couvre une superficie d'environ 300 km² et draine en grande partie la région de Ténès et ses environs.

Le bassin de l'Oued Mina s'étend sur 250 km² environ à l'ouest de Ténès sur une zone à

dominante agricole et forestière.

III.10 Régime hydrologique :

Typique d'un régime méditerranéen avec des écoulements irréguliers et temporaires, maximums en hiver et étiages sévères en été.

Risques d'épisodes de crues soudaines lors des pluies torrentielles hivernales.

Faibles débits en période estivale sur les oueds pérennes.

Chapitre IV :
Matériel et méthode

Chapitre IV : Matériel et méthode

IV. Travaux effectués sur terrain

IV.1 Prélèvement

- Prélèvement d'échantillons de daurade royale à la ferme aquacole de Ténès, Wilaya de Chlef.
- Méthode de collecte : Utilisation d'un filet de pêche et collecte de plusieurs espèces de différentes tailles.
- Conservation des échantillons dans des sachets plastiques étiquetés.
- Transport sécurisé des échantillons au laboratoire dans une glacière à -4 degrés Celsius.
- Précautions contre la contamination lors du prélèvement et du transport.

IV.2 Travaux effectués au laboratoire

IV.2.1 Conditionnement du matériel utilisé

Afin d'éviter les contaminations, tout instrument et verrerie utilisé sont 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

Une fois arrivés au laboratoire, nous avons préparé les outils nécessaires pour disséquer et purifier la daurade. Nous avons utilisé des outils en inox pour éviter toute contamination, tels que des ciseaux, un couteau...etc.

Après avoir retiré les arrêtes, la tête, les nageoires et les écailles de la daurade, nous avons soigneusement extrait la chair de la daurade.

Nous avons conservé la chair de daurade dans des piluliers en plastique bien fermés.

Ensuite, nous avons étiqueté les échantillons et placé les piluliers dans un sachet en plastique.

Nous avons mis les échantillons au congélateur à une température de (-19) degrés Celsius pour les congeler et les conserver en vue de leur lyophilisation.

Cette opération a été réalisée au niveau du laboratoire de biochimie de l'ENSSMAL.

IV.4 Traitement des échantillons

IV.4.1 Lyophilisation

La lyophilisation est un processus de dessiccation (sublimation) où l'eau est retirée d'un produit congelé sous pression, sans passer par l'état liquide. C'est-à-dire que l'eau contenue dans l'échantillon passe directement de l'état solide à l'état gazeux. Cela permet de préserver ses propriétés chimiques initiales, telles que des médicaments et d'autres produits sensibles à l'humidité. En gros, c'est comme congeler quelque chose puis retirer la glace à basse pression, laissant derrière un produit sec. Les échantillons congelés sont immédiatement mis à sécher dans le lyophilisateur à -40°C et sous pression (10^{-1} bar) pendant 48 heures par un lyophilisateur (modèle CHRIST BETTA 1-8).



Figure 9 : Lyophilisation de modèle Christ

IV.4.2 Broyage

Les échantillons lyophilisés sont broyés à l'aide d'un broyeur manuel jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Cette dernière est récupérée dans des piluliers en plastique et stockés dans un dessiccateur en présence de gel de Silice activé.



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 digestion permet de libérer les différents métaux bio-accumulés par la partie chair des daurades par extraction et mise en solution pour faciliter le dosage par absorption atomique.

La minéralisation a été effectuée par attaque acide à chaud et sous pression.

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. (1985a et b, 1986a et b). Cependant, certaines étapes sont modifiées en fonction des réactifs et du matériel disponible au laboratoire.

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 0.3 g de la chair de daurade royale lyophilisée. Nous avons ajouté 4 ml de HNO₃ avant de fermer hermétiquement les godets.
- Ensuite laissé les échantillons à température ambiante pendant 1h sous la hotte, afin d'éviter un début de réaction trop brusque (minéralisation à froid), puis, nous les

avons mis dans un four à microonde de digestion programmé selon le protocole de minéralisation d'un biote pendant 15 min à température 70°.

- Après 15 min passées, nous sommes laissé refroidir les échantillons sous la hotte, ensuite, nous avons ouvert les godets et transféré les échantillons dans des tubes en polypropylène de 50 ml.
- Après nous avons ajusté jusqu'au trait de jauge de 50 ml avec l'eau distillée. Nous avons rincé les godets avec de l'eau distillée au moins 3 fois afin de récupérer les rinçages des godets
- Après bien agitée les solutions, ensuite conservé 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 4 ml d'acide nitrique (HNO₃) 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.
- Après 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).

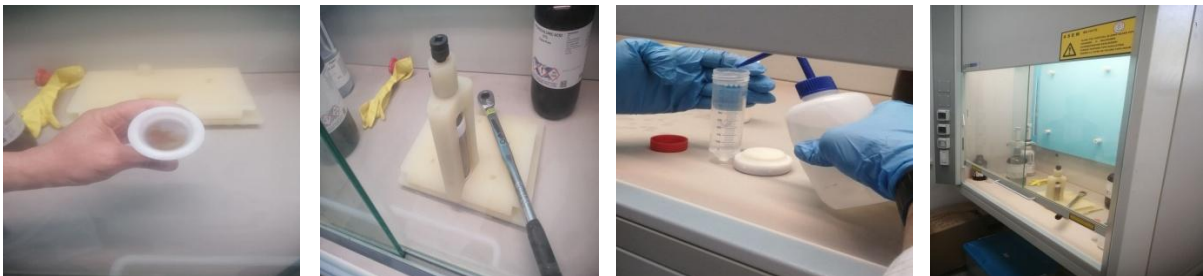


Figure 11 : les étapes de minéralisation

IV.4.3.6 Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

La spectrophotométrie d'absorption atomique est une technique d'analyse quantitative, fondée sur le phénomène d'absorption de radiations lumineuses par des atomes libres. Elle est largement appliquée, simple et très documentée (AIEA, 2001), bien adaptée et recommandée pour l'analyse des métaux lourds.

Les éléments métalliques accumulés dans les daurades sont analysés par SAA selon les protocoles expérimentaux décrits (AIEA, 2001). La description de la technique d'analyse et les éléments constitutifs du spectrophotomètre utilisé sont inspirés de HITACHI, 1999 et 2000. Les analyses ont été réalisées sur un spectrophotomètre d'absorption atomique de marque HITACHI, modèle Z-5000 équipé de four, flamme et correction effet Zeeman.

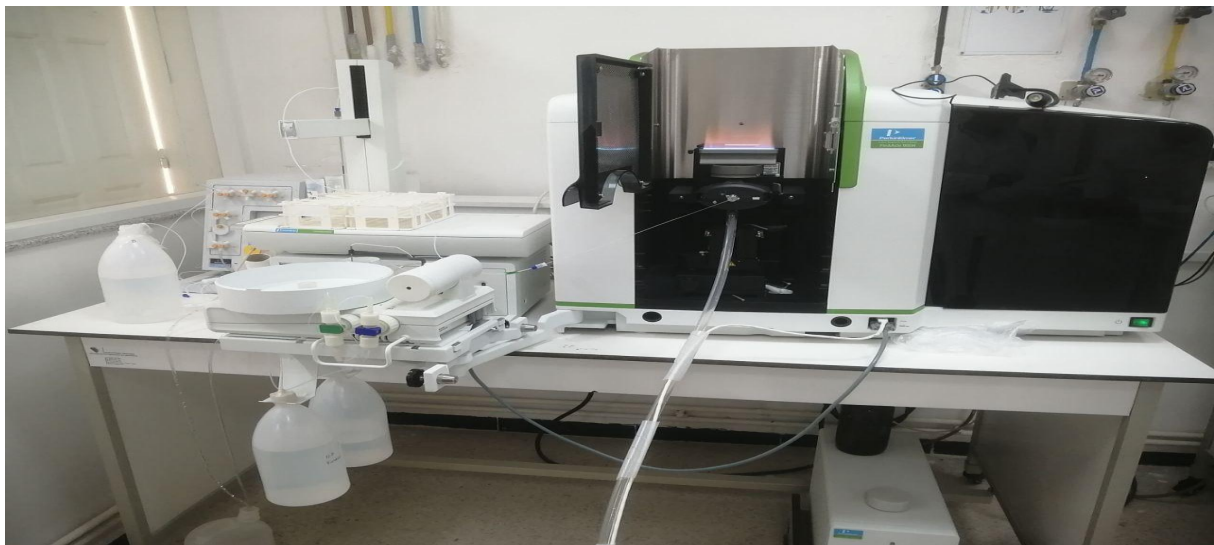


Figure 12 : Spectrophotométrie d'absorption atomique

IV.4.3.7 Principe de la SAA

Un rayon monochromatique d'intensité (I_0) et de longueur d'onde donnée est émis par une source de radiation (lampe), ce rayon traverse une solution (x) contenant un élément (y) se trouvant sur le chemin optique, l'élément (y) va absorber spécifiquement une partie du rayonnement émis.

Cette absorption est en fonction de l'élément (y), 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.

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

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

I_0 : Rayon émis

I : Rayon transmis

K : Coefficient d'absorption atomique

e : épaisseur de la tranche

c : concentration de l'élément (y)

DO : Densité optique

Abs : Absorbance.

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. 10 μ l 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 quatre solutions (S0, S1, S2, S3) de concentrations croissantes, S0 est le blanc des standards.

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)

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)

$$Cps = Cc * V / Ps$$

Où

Cps : Concentration du métal en poids sec ($\mu\text{g/g}$).

Cc : Concentration du métal présent dans l'analyse ($\mu\text{g/ml}$).

Ps : 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 étaient réalisées au laboratoire de l'ENSSMAL « chimie et pollution marine

Chapitre V :
Résultats et discussions

Chapitre V : Résultats et discussions

Ce chapitre constitue le cœur de ce mémoire de fin d'étude, il est dédié à la présentation et à l'interprétation des données recueillies tout au long de cette recherche.

Dans cette section, nous présentons et analysons les résultats obtenus concernant les concentrations de divers éléments présents dans les échantillons étudiés. Chaque élément sera examiné individuellement en comparant les concentrations mesurées avec les normes établies afin de déterminer les niveaux de contamination et d'évaluer les implications pour l'environnement et la santé humaine. Cette analyse détaillée nous permettra d'identifier les éléments préoccupants et de proposer des mesures correctives adéquates si nécessaire.

V. Dosage des métaux lourds :

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

$$Cps = Cc * V / Ps$$

V.1 Dosage des métaux lourds essentiels

V.1.1 Le Zinc :

Ce tableau représente les concentrations de zinc trouvées dans la chair d'une daurade

Solution	Concentration (mg/l)
S1	0,071
S2	0,069
S3	0,070
Concentration moyenne mg/l	0,070
Concentration mg/g	0,012

Tableau 1: Les concentrations des solutions de zinc

V.1.2 Le Cuivre :

Ce tableau représente les concentrations de cuivre trouvées dans la chair d'une daurade

Solution	Concentration (mg/l)
S1	0,026
S2	0,033
S3	0,033
Concentration moyenne mg/l	0,030
Concentration mg/g	0.00234

Tableau 2 : Les concentrations des solutions de Cuivre

V.1.3 Le Fer :

Ce tableau représente les concentrations de fer trouvées dans la chair d'une daurade

Solution	Concentration (mg/l)
S1	0,891
S2	0,983
S3	0,979
Concentration moyenne mg/l	0,981
Concentration mg/g	0.164

Tableau 3 : Les concentrations des solutions de Fer

V.1.4 Le Nickel :

Ce tableau représente les concentrations de nickel trouvées dans la chair d'une daurade

Solution	Concentration (mg/l)
S1	0,024
S2	0,022
S3	0,033
Concentration moyenne mg/l	0,027
Concentration mg/g	0,0045

Tableau 4 : Les concentrations des solutions de Nickel

Cet histogramme représente une comparaison des concentrations de métaux lourds trouvées dans la chair de daurade (Cu,Ni,Zn) avec les normes internationales.

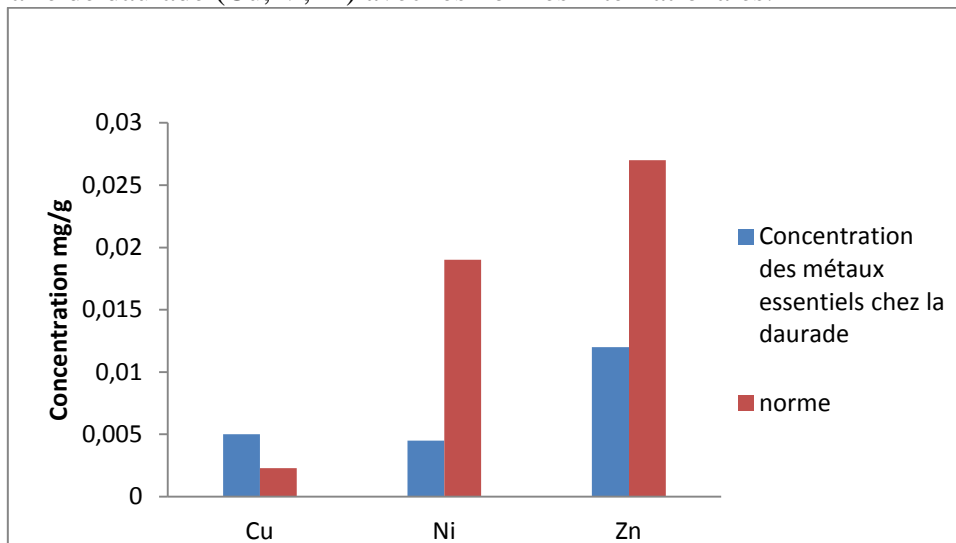


Figure 13 : comparaison de la concentration du Cu, Ni et Zn avec leurs norme correspondantes

Cet histogramme représente une comparaison de concentration de Fe trouvée dans la chair de daurade avec les normes internationales.

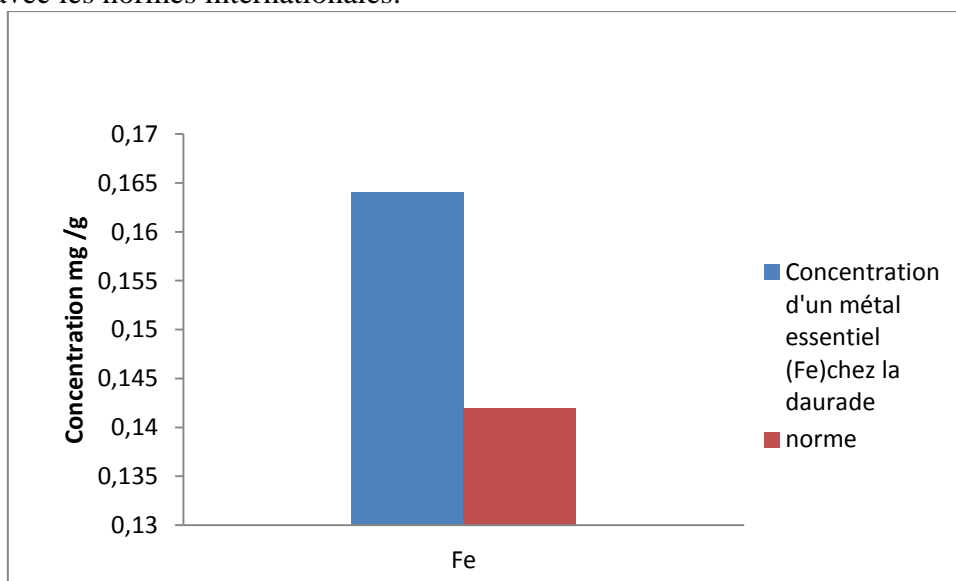


Figure 14 : comparaison de la concentration du Fer avec sa norme correspondante

Les métaux ont des effets toxiques plus ou moins importants sur les êtres vivants, en fonction de leur nature et de leur quantité. Certains métaux sont essentiels à faible dose pour les êtres vivants comme le cuivre ou le zinc. D'autres, en revanche, sont toxiques même à très faible dose comme le plomb et le mercure.

Les métaux lourds sont d'importants contaminants des écosystèmes et des chaînes alimentaires. Ils ne sont pas biodégradables et se retrouvent donc accumulés en grande quantité dans les animaux au sommet de la chaîne alimentaire comme les cétacés, les humains

et les prédateurs divers. C'est le phénomène de bioaccumulation, c'est à dire l'absorption et la concentration de certaines substances chimiques, présentes dans un environnement, par un organisme.

La figure 13 représente les concentrations du Cuivre, Nickel et Zinc et les normes relatives. On remarque que les concentrations mesurées de nickel (Ni) et de zinc (Zn) (0.0045 mg/g et 0.012 mg/g respectivement) sont inférieures aux normes relatives (0.0194 mg/g et 0.0266 mg/g respectivement), Cela indique que le Nickel et le zinc ne posent pas de risque significatif de pollution dans les échantillons de poisson analysés.

La figure 14 représente la concentration du fer et la norme relative, Les histogrammes dans les figures 13 et 14 montrent clairement que les concentrations de fer et de cuivre (0.164 mg/g et 0.005 mg/g respectivement) dans la chaire de poisson dépassent les normes correspondantes (0.142 mg/g et 0.00234 mg/g respectivement), ce qui peut causer un risque potentiel pour la santé des consommateurs. Les dépassements indiquent une possible contamination des sources d'eau ou des processus d'accumulation de ces métaux dans le poisson.

V.2 Dosage des métaux lourds toxiques :

V.2.1 Le Manganèse :

Ce tableau représente les concentrations de manganèse trouvées dans la chaire d'une daurade

Solution	Concentration (mg/l)
S1	0,011
S2	0,015
S3	0,012
Concentration moyenne mg/l	0,0127
Concentration mg/g	0.0021

Tableau 5 : Les concentrations des solutions de Manganèse

V.2.2 Le Cadmium :

Ce tableau représente les concentrations de cadmium trouvées dans la chair d'une daurade

Solution	Concentration (ug/l)
S1	0,016
S2	0,017
Concentration moyenne ug/l	0,0165
Concentration ug/g	0,00275

Tableau 6 : Les concentrations des solutions de Cadmium

V.2.3 Le Chrome :

Ce tableau représente les concentrations de chrome trouvées dans la chair d'une daurade

Solution	Concentration (mg/l)
S1	0,019
S2	0,017
S3	0,016
Concentration moyenne mg/l	0,0173
Concentration mg/g	0,0029

Tableau 7 : Les concentrations des solutions de Chrome

V.2.4 Le Plomb :

Ce tableau représente les concentrations de plomb trouvées dans la chair d'une daurade

Solution	Concentration (mg/l)
S2	3,060
S4	3,294
S5	2,993
Concentration moyenne mg/l	3,115
Concentration ug/g	0.52

Tableau 8 : Les concentrations des solutions de Plomb

Cet histogramme représente une comparaison des concentrations de métaux lourds trouvées dans la chair de daurade Mn, Cr avec les normes internationales.

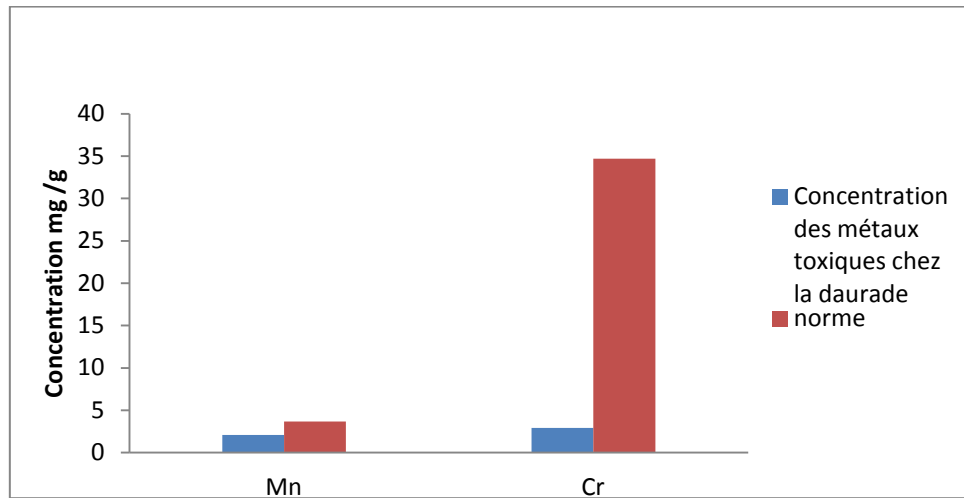


Figure 15 : comparaison de la concentration du Mn et Cr avec leurs normes correspondantes

Cet histogramme représente une comparaison de concentration de Pb trouvées dans la chair de daurade avec les normes internationales.

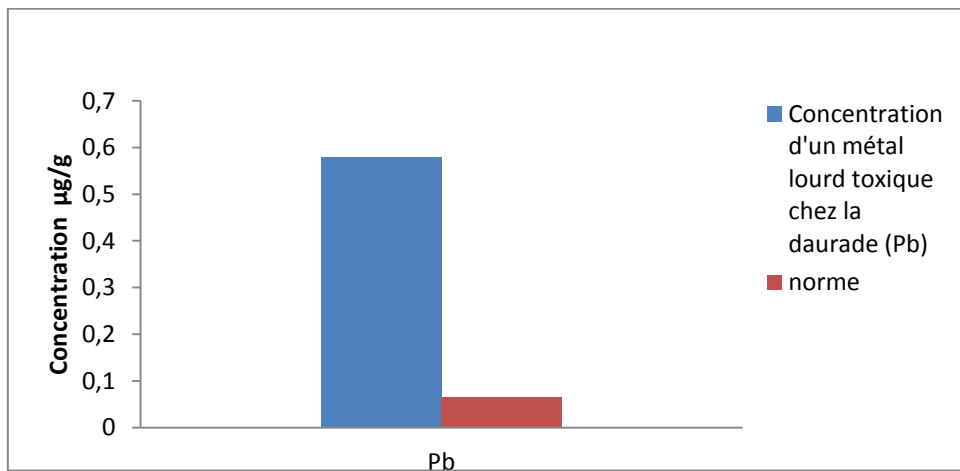


Figure 16 : comparaison de la concentration du plomb avec sa norme correspondante

Cet histogramme représente une comparaison de Cd trouvées dans la chair de daurade avec les normes internationales.

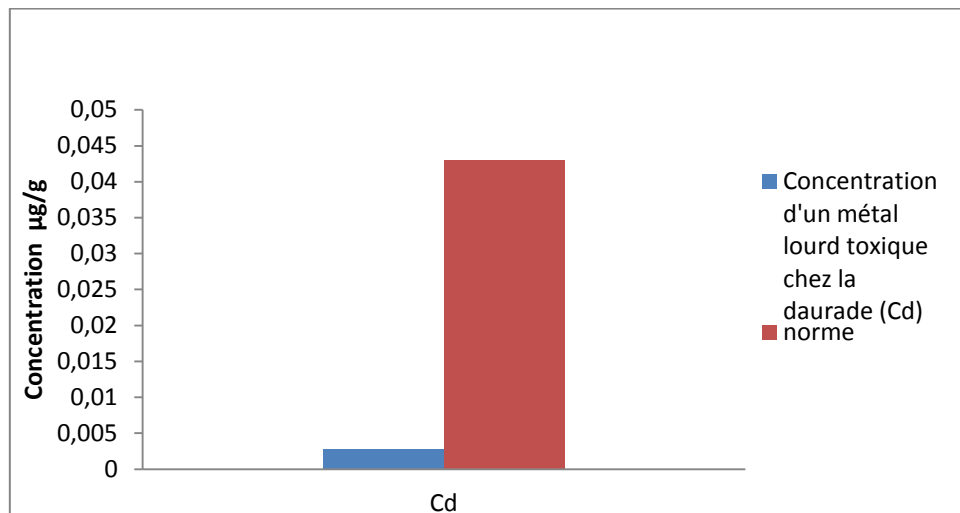


Figure 17 : comparaison de la concentration du cadmium avec sa norme correspondante

Les figures 15,16 et 17 représentent les concentrations du chrome (Cr), manganèse (Mn) ; du cadmium (Cd) et du plomb avec les normes correspondantes respectivement.

On remarque dans les figures 15 et 17 que les concentrations mesurées de cadmium(Cd), chrome(Cr) et manganèse (Mn) (0,00275 μ g/g, 0.0029 mg/g et 0.0021 mg/g respectivement) sont inférieures aux normes correspondantes (0.043 μ g/g, 0.0347 mg/g et 0.00366 mg/g respectivement), ce qui indique que la chair de poisson est sûre pour la consommation en ce qui concerne ces métaux.

Par contre dans la figure 16, on remarque que la concentration mesurée de plomb (0.58 ug/g) est supérieur à sa norme (0.065 ug/g). Cela est très préoccupant car le plomb est un métal lourd extrêmement toxique, surtout pour les systèmes nerveux et rénal chez les humains et les animaux.

Valeur	Cd	Cu	Cr	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe
Les concentrations mesurées mg/kg	0.0028	5	2.9	0.52	12	4.5	2.1	164
Norme mg/kg	0.043	2.34	34.7	0.065	26.6	19.4	3.66	142

Tableau 9 : les concentrations mesurées avec leurs normes AFNORE correspondantes

Le tableau 9 récapitule les valeurs des concentrations des métaux lourds analysés par la technique de spectrophotométrie d'absorption atomique SAA et les normes correspondantes

(AFNORE).

Bien que certaines concentrations soient alarmantes, d'autres sont dans les limites de sécurité, indiquant une situation mixte qui nécessite une attention et des actions appropriées pour assurer la sécurité alimentaire.

Les concentrations élevées des métaux lourds peuvent être dû à la forte industrialisation et l'urbanisation accrue.

Conclusion

Conclusion

Ce projet de fin d'études avait pour objectif principal d'estimer la contamination par les métaux lourds chez la daurade royale (*Sparus aurata*), une espèce de poisson très prisée tant pour sa valeur économique que nutritionnelle. L'étude a été menée dans le contexte d'une préoccupation croissante pour la sécurité alimentaire et la protection de la santé publique, compte tenu de 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 cette zones dans la ferme aquacole de Ténès, wilaya de chlef, et les échantillons ont été analysés pour déterminer les concentrations de métaux lourds tels que le manganèse (Mn), le chrome(Cr) le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le fer (Fe), le cuivre(Cu), le nickel(Ni), et le zinc(Zn). Les analyses ont été effectuées en utilisant la technique da spectroscopie d'absorption atomique SAA.

L'analyse des concentrations des différents éléments révèle que, mis à part le cuivre, le plomb, et le fer les autres éléments se trouvent à des niveaux inférieurs aux normes. Le dépassement des normes pour le cuivre, le plomb, et le fer indique une pollution préoccupante qui requiert des mesures correctives pour prévenir des impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine.

Il a été noté que les zones avec une forte industrialisation et une urbanisation accrue présentent des concentrations plus élevées de métaux lourds, corroborant les hypothèses de sources de pollution locales.

Notre étude revêt une importance capitale dans le contexte environnemental de l'Algérie.

Les métaux lourds, même à des concentrations faibles, peuvent s'accumuler dans les tissus des organismes marins et causer divers effets toxiques, affectant la croissance, la reproduction, et le comportement des poissons. Pour les humains, la consommation de poissons contaminés peut entraîner des problèmes de santé graves, tels que des troubles neurologiques, rénaux, et cardiovasculaires. Ainsi, la surveillance continue de la contamination des poissons est essentielle pour garantir la sécurité alimentaire.

En conclusion, bien que la majorité des éléments ne présentent pas de risques significatifs, les dépassements des normes pour le cuivre, le plomb, et le fer exigent une attention particulière

et des actions correctives. Il est crucial d'implémenter des mesures de réduction de ces polluants pour protéger l'environnement et la santé publique.

La protection des écosystèmes marins et la garantie de la sécurité alimentaire exigent des efforts continus et coordonnés, intégrant surveillance, prévention, et sensibilisation.

En conclusion, bien que trois des métaux lourds toxiques analysés (cadmium, chrome et manganèse) soient dans des limites sûres, la présence de niveaux élevés de plomb suggère que la chair de poisson pourrait ne pas être entièrement sûre à consommer. Il est essentiel d'identifier les sources de contamination par le plomb et de prendre des mesures pour les réduire afin de garantir la sécurité alimentaire.

Bibliographie

Bibliographie.

- Alasalvar, C., et al. (2002).** Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) : Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79(2), p.p.145-150.
- Amiard, J.-C. (2011).** *Les risques chimiques environnementaux. Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes.* Paris: Lavoisier.
- ATSDR (2005).** Nickel. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- ATSDR (2012).** Chromium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Bachouche, S. (2017).** *Modelisation hydrodynamique et qualite des eaux et sediments de la cote Centre algerienne* thèse de doctorat . Pollution et Ecotoxicologie .Dely Ibrahim:ENSSMAL,p.p.145-156.
- Baghdad, K.,et al. (2015).** Assessment of Marine Pollution at Bay of Oran, Algeria. *Journal of Water Resource and Protection*, 07(13), Article 13.
- Baker, A.J.M., Walker, P.L. (1989).** *Heavy Metal Tolerance in Plants : Evolutionary Aspects—Jonathan Shaw—Google Livres.*
- 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)—ScienceDirect.*
- Barnabe, G. (1976).** Elevage larvaire du Loup (*Dicentrarchus labrax* (L.); Pisces, Serranidae) a l'aide d'aliment sec compose. *Aquaculture*, 9, p.p.237-252.
- Belouanas Née Benbelkacem, O. (2020).** *Cours : Polluants Structures et Activités.*
- Benammar, I. (2017).** *Suivie de la croissance du loup de mer et la dorade d'élevage (cas de la ferme aquacole d'Ain Türk. Wilaya d'Oran).*thèse de doctorat.Science de la mer.Tlemcen:université abou bekr belkaid.p.72.
- Bensaci, E., et al(2014).** Contribution à l'étude de la pollution des eaux des zones humides des régions Arides d'Algérie. *International Journal of Environment & Water.*
- Berthelin, J. (1998).** *Present data concerning soil contamination by trace elements / Etat des donnees concernant la contamination des sols par les elements en traces.*
- Biegala, I. C. (2015).** *A l'origine du vivant* p.p.97-116.
- Blancheton, J. P. (2000).** Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. *Aquacultural Engineering*, 22(1), p.p.17-31.
- Chalabi, A. (2020).** *L'AQUACULTURE EN ALGERIE ET SON CONTEXTE MAGHREBIN.* p47.

- Chaoui, L., et al. (2005).** *Alimentation et condition de la dorade Sparus aurata (Teleostei : Sparidae) dans la lagune du Mellah (Algérie Nord-Est).*
- Christy C. Bridges. (2017).** *Chronic Kidney Disease and Exposure to Nephrotoxic Metals*
- Commission Européenne (2006).** Règlement (CE) n°1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Journal officiel de l'Union européenne, L 364, p.p.5-24.
- Deanna, . Elvines. (2023).** *Fate and effects of fish farm organic waste in marine systems : Advances in understanding using biochemical approaches with implications for environmental management—Elvines—2024—Reviews in Aquaculture—Wiley Online Library.*
- DJAD M A, et al. (2015).** *Bacteriological Quality of Seawater Bathing Areas along the Oran Coast (West northern Algeria).*
- DOĞAN, M. (2022).** *Investigation of the Use of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) in Avionics Systems and Defence Industry.*
- Domy C. Adriano. (2001).** *Trace Elements in Terrestrial Environments : Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals | SpringerLink.*
- Fahssi, A.,et al. (2016).** *Evaluation spatiotemporelle de la contamination métallique des ressources hydriques superficielles de la basse Moulouya Evaluation spatiotemporal of the metal contamination of surface water resources in the lower Moulouya (North eastern Morocco).*
- Falquet, J. (2018).** *Spiruline Aspects Nutritionnels.* 12.
- FAO. (2014).** « Programme d'Information sur les espèces aquatiques cultivées (*Sparus aurata*) ».
- FAO (2020).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. [En ligne]. [Consulté le 11/04/2024]. Disponible sur le wibe <https://doi.org/10.4060/ca9229fr>
- FAO (2021).** *Sparus aurata.* In: Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO [en ligne]. [Consulté le 11/04/2024]. Disponible sur le wibe <http://www.fao.org/fishery/>
- FAO (2022).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, p125.
- FERRA C. (2008).** *Aquaculture—Christiane Ferra , Collectif Vuibert—Librairie Eyrolles.*
- FU, X.,et al. (2016).** Spatial distribution and pollution assessment of heavy metals in the surface sediments of the Bohai and Yellow Seas. *Marine Pollution Bulletin, 110.*
- Ganz, T. (2013).** Systemic iron homeostasis. *Physiological Reviews, 93(4), 1721–1741.*
- Geert Potters. (2013).** *Marine-pollution* 1 edition p20.

- Ghalmi, S. (2019).** *Impact des sites miniers abandonnés sur l'environnement. Cas de la région Nord de Tébessa. (Extrême est Algérien)* thèse de doctorat. Hydrogie appliquée. université de tébessa: Tébessa. p.172.
- Gibb, H. (2014).** *Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining Community : A Comprehensive Review | Environmental Health Perspectives | Vol. 122, No. 7.*
- 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*, 272(1), p.p. 55-75.
- Grøttum, J. A., & Beveridge, M. (2007).** *A review of cage aquaculture : Northern Europe.*
- Guilarte, T. R. (2013).** Manganese neurotoxicity: New perspectives from behavioral, neuroimaging, and neuropathological studies in humans and non-human primates. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5.
- Hala, E., & Bakiu, R. (2024).** Adriatic Sea Fishery Product Safety and Prospectives in Relation to Climate Change. *Fishes*, 9(5), Article 5.
- Iibert, H., et al. (2005).** *Promotion et protection des produits locaux dans le cadre de la mise en valeur durable des régions de montagne en Méditerranée.*
- Jaishankar, M., et al. (2014).** Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), p.p. 60-72.
- Kabata-Pendias, A. (2000).** *Trace Elements in Soils and Plants* . CRC Press, London. p24
- 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*, Volume 7 Numéro 3,.
- Kalay, M., & Canli, M. (2000).** Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non-Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zilli*. *Turkish Journal of Zoology*, 24(4), p.p.429-436.
- Kasprzak, K. S et al . (2003).** Nickel carcinogenesis. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 533(1-2), p.p.67–97.
- Lacoue-Labarthe, T. (2007).** *Incorporation des métaux dans les œufs de la seiche commune *Sepia officinalis* et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires* [Phdthesis, Université de La Rochelle].
- Loue, A. (1993).** *Oligoelements en agriculture*. p.p. 45-177.
- Lounas, R., et al. (2021).** Heavy metal concentrations in wild and farmed gilthead sea bream from southern Mediterranean Sea—Human health risk assessment. *Environmental Science*

and Pollution Research, 28(24), p.p.30732-30742.

Mason, L. H., et al. (2014). Pb Neurotoxicity : Neuropsychological Effects of Lead Toxicity. *BioMed Research International*.

MESSAHLI I et al, (2019-2020) Effets toxiques des métaux lourds sur les microalgues aquatiques

Mhalhel .k. (2023). *Review on Gilthead Seabream (Sparus aurata) Aquaculture : Life Cycle, Growth, Aquaculture Practices and Challenges.*

Michel Marengo. (2014). *A review of biology, fisheries and population structure of Dentex dentex (Sparidae) | Reviews in Fish Biology and Fisheries.*

Ouali, N., et al. (2009). Evaluation of metallic contamination in the annaba gulf (Algerian Northeast). *Physical and Chemical News*, 48, p.p.130-135.

Paul, A et al . (2024). Hexavalent chromium pollution and its sustainable management through bioremediation. *Geomicrobiology Journal*, 41(4), p.p.324-334.

Parra, P., & Rodrigo, R. (2016). Novel antioxidant therapy against myocardial ischemia–reperfusion injury during percutaneous coronary angioplasty. *Free Radicals and Diseases*, 383-406.
Bremner, I. (1998). Manifestations of copper excess. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 67(5), p.p.1069-1073.

Piccolotti, F. (2014). Pisciculture en cage à petite échelle : Guide pratique. *FAO Smart Fish Publication (FAO) Eng No. 31*, 10.

Plum, L. M., et al. (2010). The Essential Toxin : Impact of Zinc on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(4), Article 4.
<https://doi.org/10.3390/ijerph7041342>

Pourang, N., et al. (2004). Tissue Distribution and Redistribution of Trace Elements in Shrimp Species with the Emphasis on the Roles of Metallothionein. *Ecotoxicology*, 13(6), p.p.519-533.

REGRAGUI, A. (2020). *AQUACULTURE MARINE*. p20.

Remili, S., & Kerfouf, A. (2013). Évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral Ouest algérien). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, Volume 7, Article Volume 7.

Squadrone, S., et al. (2016). Presence of trace metals in aquaculture marine ecosystems of the northwestern Mediterranean Sea (Italy). *Environmental Pollution*, 215, p.p.77-83.

Taibi, S., & Reguieg, A. (2021). *Evaluation de la bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons dulçaquicoles de barrage Bougara Tiaret.* thèse de doctorat. Sciences de la Nature et de la Vie: université Ibn khaldoun de tiaret. p.75

Talbi, H., & Kachi, S. (2019). Evaluation of heavy metal contamination in sediments of the Seybouse River, Guelma – Annaba, Algeria. *Journal of Water and Land Development*, 40(1), p.p.81-86.

Tchounwou, P. B., et al. (2012). Heavy Metal Toxicity and the Environment. In A. Luch (Éd.), *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology : Volume 3 : Environmental Toxicology* p.p. 133-164.

Wang, J., et al. (2020). The short- and long-term effects of formic acid on rapid nitrification start-up. *Environment International*, 135, p.105350.

Wang, H et al . (2021). Urinary antibiotic level of school children in Shanghai, East China, 2017–2020. *Environmental Pollution*, 291, p.118167.

Annexes

Annexes



I.



Figure 18 : Les étapes prélèvement, broyage, minéralisation

Tableau 10: Gammes étalons des métaux lourds analysés

Zinc	Absorbances	Concentration mg/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0642	0.3
Calibration Std 2	0.1204	0.6
Calibration Std 3	0.1912	0.9
Calibration Std 4	0.2070	1

Cuivre	Absorbances	Concentration mg/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0098	0.2
Calibration Std 2	0.213	0.4
Calibration Std 3	0.409	0.8
Calibration Std 4	0.832	1.6

Manganèse	Absorbances	Concentration mg/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0474	0.5
Calibration Std 2	0.0917	1
Calibration Std 3	0.1354	1.5
Calibration Std 4	0.1765	2

Cadimium	Absorbances	Concentration ug/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0. 0969	1
Calibration Std 2	0. 2123	2
Calibration Std 3	0. 3070	3
Calibration Std 4	0. 3983	4
Calibration Std 5	0.4898	5

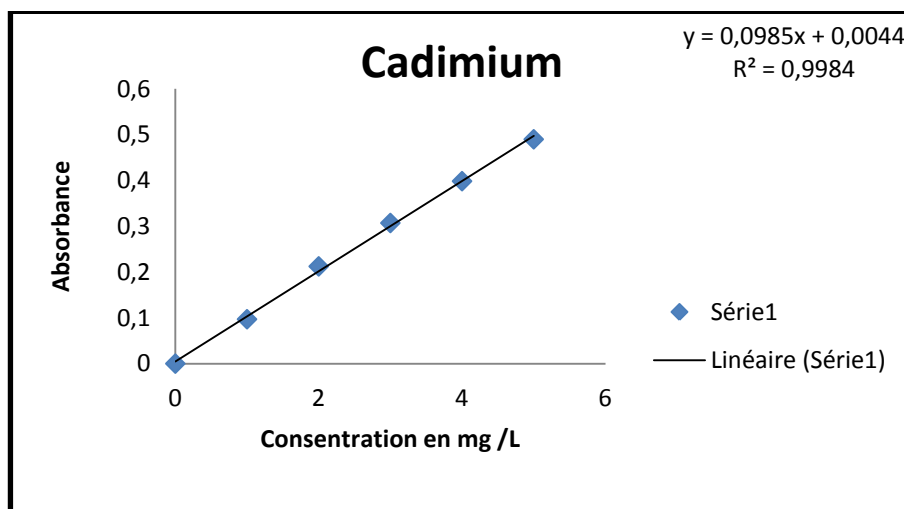
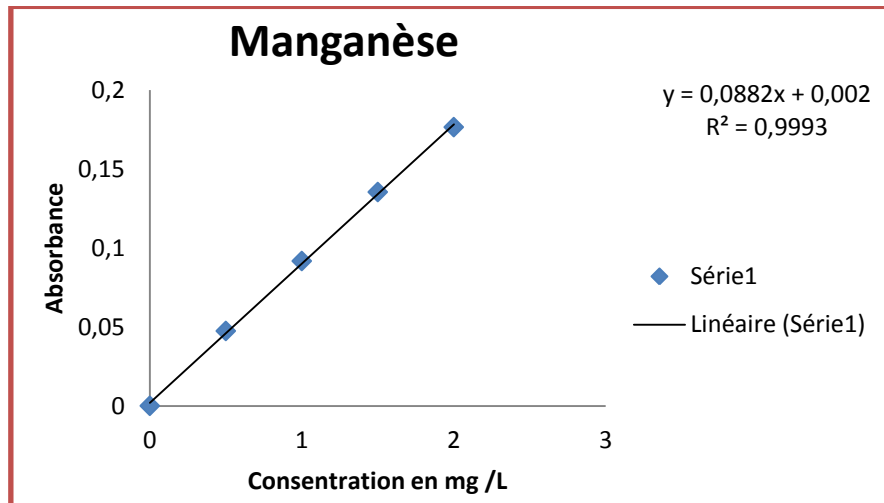
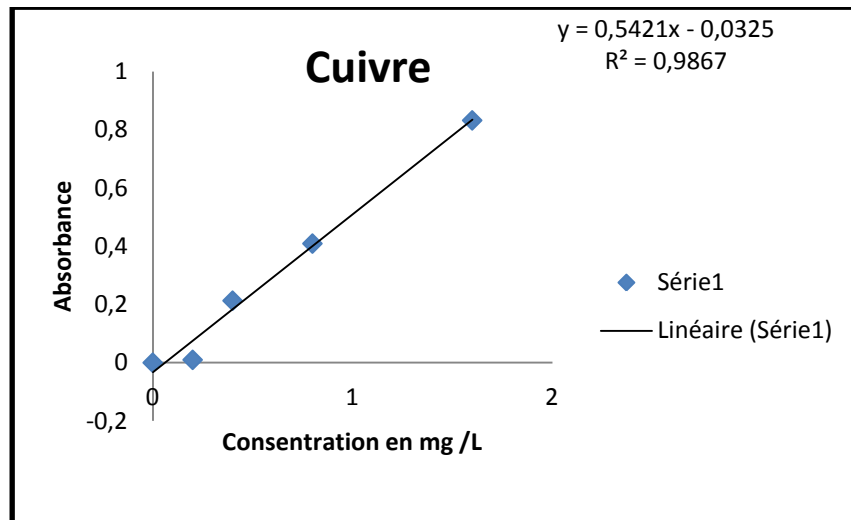
Fer	Absorbances	Concentration mg/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0391	1
Calibration Std 2	0.0768	2
Calibration Std 3	0.1167	3
Calibration Std 4	0.1498	4

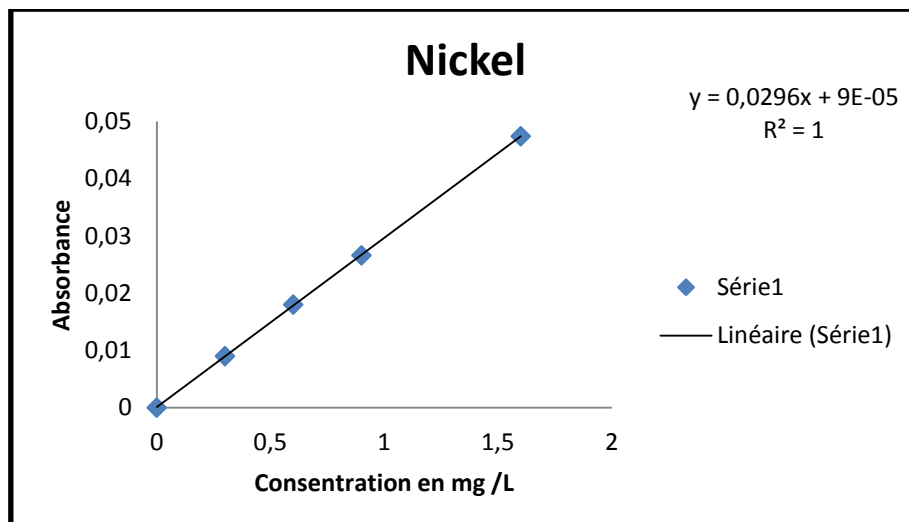
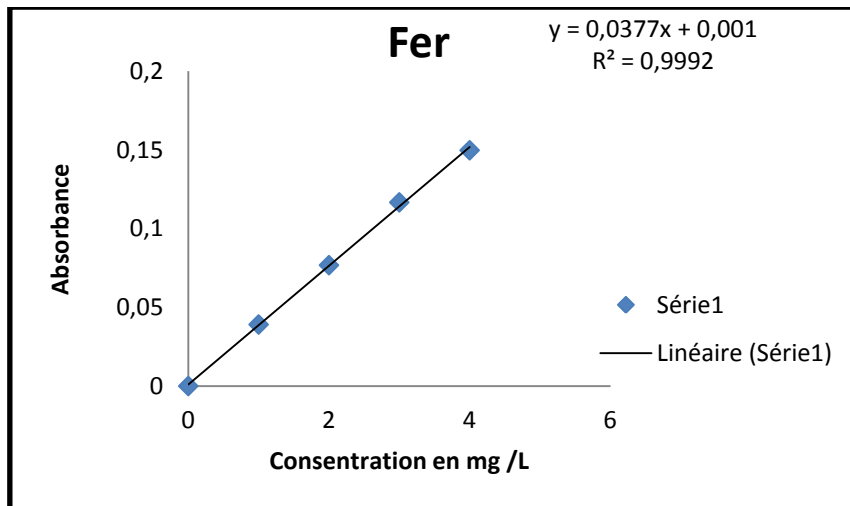
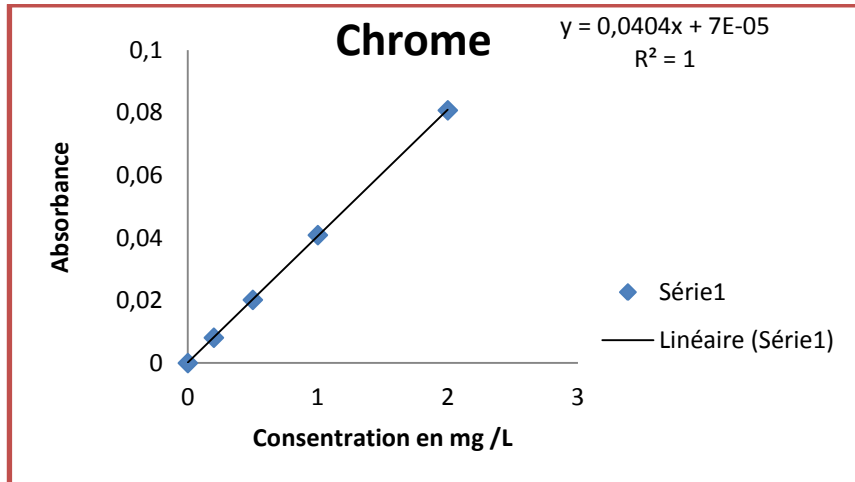
Chrome	Absorbances	Concentration mg/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0081	0.2
Calibration Std 2	0.0202	0.5
Calibration Std 3	0.0409	1
Calibration Std 4	0.0808	2

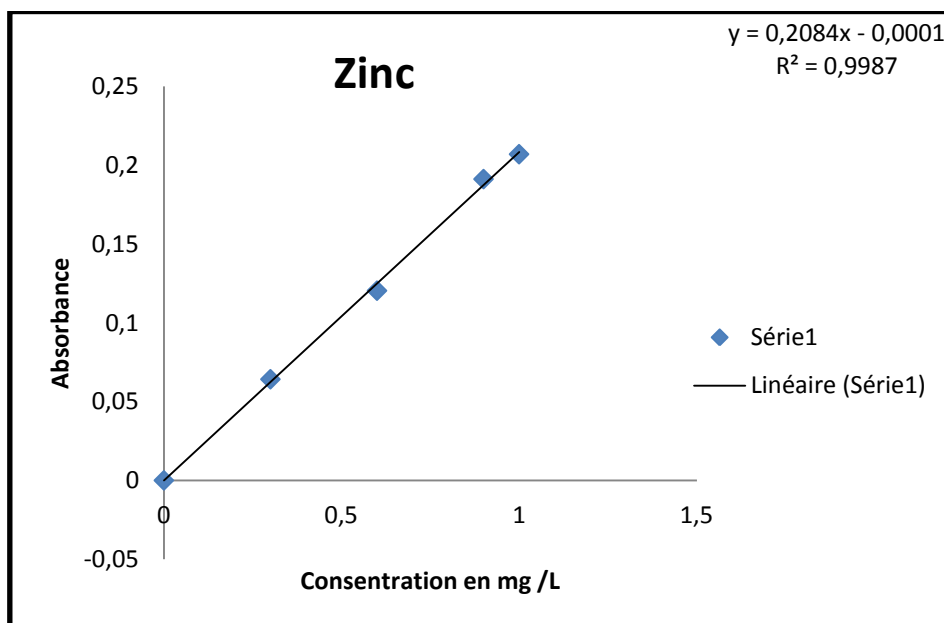
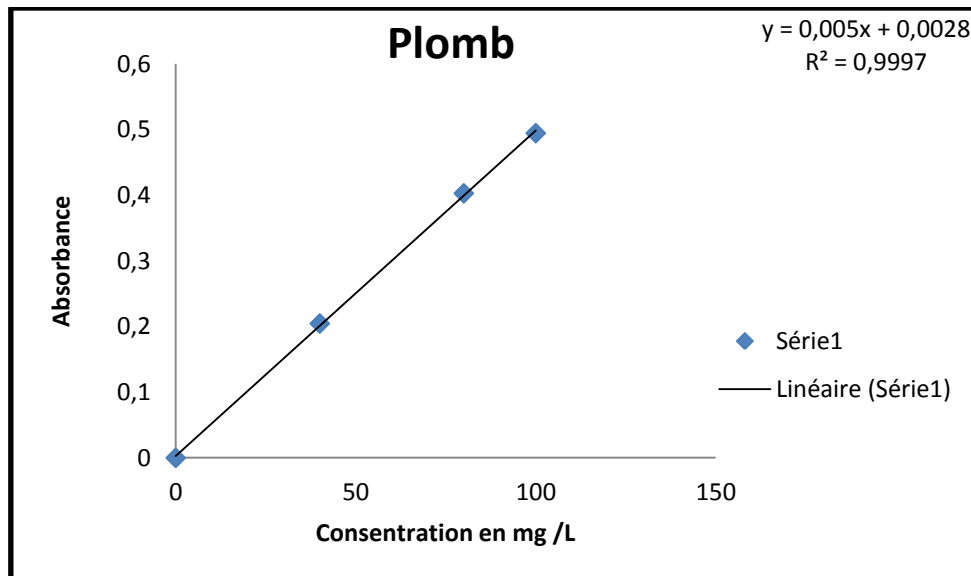
Nickel	Absorbances	Concentration mg/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0.0090	0.3
Calibration Std 2	0.0180	0.6
Calibration Std 3	0.0266	0.9
Calibration Std 4	0.0474	1.6

Plomp	Absorbances	Concentration ug/l
Calibration Blanc 1	0	0
Calibration Std 1	0,2047	40
Calibration Std 2	0,4031	80
Calibration Std 3	0,4948	100

Figure 19 : 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 ».

Business Model Canvas BMC

<p>Partenaires clés</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Universités et instituts de recherche : Collaboration pour la recherche et le développement. 2. Fournisseurs de réactifs et d'équipements de laboratoire. 3. Agences gouvernementales et régulateurs environnementaux. 4. Organisations non gouvernementales (ONG) environnementales. 5. Pêcheurs, coopératives de pêche et associations de pêche. 6. Laboratoires externes pour validation et standardisation des tests. 	<p>Activités principales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Échantillonnage et analyse des poissons, sédiments et eaux. 2. Recherche et développement pour améliorer les méthodes de détection. 3. Rapport et interprétation des données. 4. Consultation et conseils en matière de réduction de la contamination. 5. Formation et sensibilisation des parties prenantes sur les risques liés aux métaux lourds. 6. Développement et maintenance d'une base de données sur les niveaux de contamination. 	<p>Valeurs ajoutées</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analyses précises et fiables de la contamination par les métaux lourds. 2. Rapports détaillés et interprétations des résultats. 3. Services de consultation pour aider à la réduction de la contamination. 4. Sensibilisation et formation des parties prenantes. 5. Contribution à la santé publique et à la protection de l'environnement. 	<p>Relation clients</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Support client personnalisé : Assistance technique et conseil. 2. Partenariats à long terme avec les institutions et les entreprises. 3. Transparence et communication régulière des résultats. 4. Éducation et formation continue pour les clients. <p>Les canaux de distribution</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rapports en ligne via une plateforme web sécurisée. 2. Présentations et séminaires pour les clients et les partenaires. 3. Consultations sur site. 4. Publications scientifiques et techniques. 5. Participation à des conférences et des salons professionnels. 	<p>Clients</p> <p>Agences gouvernementales environnementales</p> <p>Instituts de recherche marine</p> <p>Industrie de la pêche et de l'aquaculture</p> <p>Entreprises de traitement des eaux</p> <p>Collectivités locales côtières</p> <p>ONG environnementales</p> <p>Chercheurs et universitaires Municipalités et services publics</p> <p>Compagnies minières et industrielles</p> <p>Consultants en environnement</p> <p>Entreprises de traitement de l'eau</p>
<p>Coûts</p>	<p>112.225.033.51 DA</p>		<p>Revenus 242.060.560.0 DA</p>	

INTRODUCTION :

L'estimation de la contamination par les métaux lourds chez les poissons, les sédiments et les eaux (**Fishsafe**) est une thématique essentielle en écotoxicologie et en gestion environnementale. Cette introduction se concentrera sur l'importance de cette problématique, ainsi que les implications environnementales et sanitaires.

Les métaux lourds, tels que le mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd), et l'arsenic (As), sont des polluants environnementaux majeurs. Leur présence dans les écosystèmes aquatiques est particulièrement préoccupante en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur capacité à s'accumuler dans les organismes vivants. La contamination par les métaux lourds peut provenir de diverses sources, notamment les rejets industriels, l'agriculture, les effluents domestiques, et l'érosion naturelle des sols et des roches.

La contamination par les métaux lourds a des conséquences importantes pour les écosystèmes et la santé humaine. Les métaux lourds peuvent affecter la biodiversité aquatique, en provoquant des effets toxiques sur les poissons et autres organismes aquatiques. Pour les humains, la consommation de poissons contaminés peut entraîner des problèmes de santé graves, tels que des troubles neurologiques, des maladies rénales et des cancers.

L'estimation de la contamination par les métaux lourds dans les poissons, les sédiments et les eaux est cruciale pour comprendre et atténuer les impacts environnementaux et sanitaires de ces polluants. Les méthodes analytiques avancées jouent un rôle clé dans cette évaluation, permettant une surveillance précise et la mise en place de mesures de gestion appropriées. La protection des écosystèmes aquatiques et de la santé publique dépend de notre capacité à détecter et à gérer efficacement la pollution par les métaux lourds.

Problématique

La pollution par les métaux lourds est une préoccupation majeure pour l'environnement et la santé publique en raison de leur toxicité, persistance et capacité à se bioaccumuler dans les écosystèmes aquatiques. Les poissons, les sédiments et les eaux des systèmes aquatiques peuvent tous être affectés par ces contaminants, ce qui pose des risques pour la biodiversité et les humains consommant des produits de la pêche.

Problème central : Dans quelle mesure les poissons, les sédiments et les eaux des écosystèmes aquatiques étudiés sont-ils contaminés par les métaux lourds, et quels sont les facteurs influençant cette contamination ?

Questions de recherche :

- 1. Niveau de contamination :** Quels sont les niveaux de concentration des différents métaux lourds (par exemple, plomb, mercure, cadmium) présents dans les poissons, les sédiments et les eaux des zones étudiées ?
- 2. Sources de contamination :** Quelles sont les principales sources potentielles de ces métaux lourds dans les environnements aquatiques concernés (industrie, agriculture, rejets urbains, etc.) ?
- 3. Distribution et bioaccumulation :** Comment ces métaux lourds se distribuent-ils et se bioaccumulent-ils dans les différentes composantes des écosystèmes aquatiques, en particulier dans les poissons par rapport aux sédiments et aux eaux ?
- 4. Effets sur la santé :** Quels sont les risques potentiels pour la santé humaine et écologique associés à la consommation de poissons contaminés et à l'exposition aux métaux lourds présents dans les sédiments et les eaux ?
- 5. Stratégies de mitigation :** Quelles stratégies peuvent être mises en place pour réduire la contamination par les métaux lourds dans ces environnements aquatiques et minimiser les impacts sur la santé et l'écosystème ?

Objectifs de l'étude :

- 1. Quantification des contaminants :** Mesurer les concentrations de divers métaux lourds dans les poissons, les sédiments et les eaux des zones d'étude.
- 2. Identification des sources :** Identifier et évaluer les sources potentielles de contamination métallique dans les écosystèmes aquatiques.
- 3. Analyse de la bioaccumulation :** Étudier les mécanismes et les niveaux de bioaccumulation des métaux lourds dans les poissons.
- 4. Évaluation des risques :** Évaluer les risques potentiels pour la santé humaine et écologique liés à la présence de métaux lourds.
- 5. Propositions de solutions :** Recommander des mesures de gestion et de remédiation pour atténuer la contamination par les métaux lourds.

L'étude de la contamination par les métaux lourds dans les poissons, les sédiments et les eaux est essentielle pour comprendre les impacts environnementaux et sanitaires de ces polluants. En abordant cette problématique, nous pourrions développer des stratégies efficaces pour surveiller, gérer et réduire les risques associés à cette forme de pollution.

Prototype :

La création d'un laboratoire dédié à l'estimation de la contamination par les métaux lourds chez les poissons, les sédiments et les eaux à Alger est une initiative importante pour la surveillance environnementale et la santé publique. Voici les différentes étapes de ce projet

1. Planification et Conception

a. Objectifs du Laboratoire :

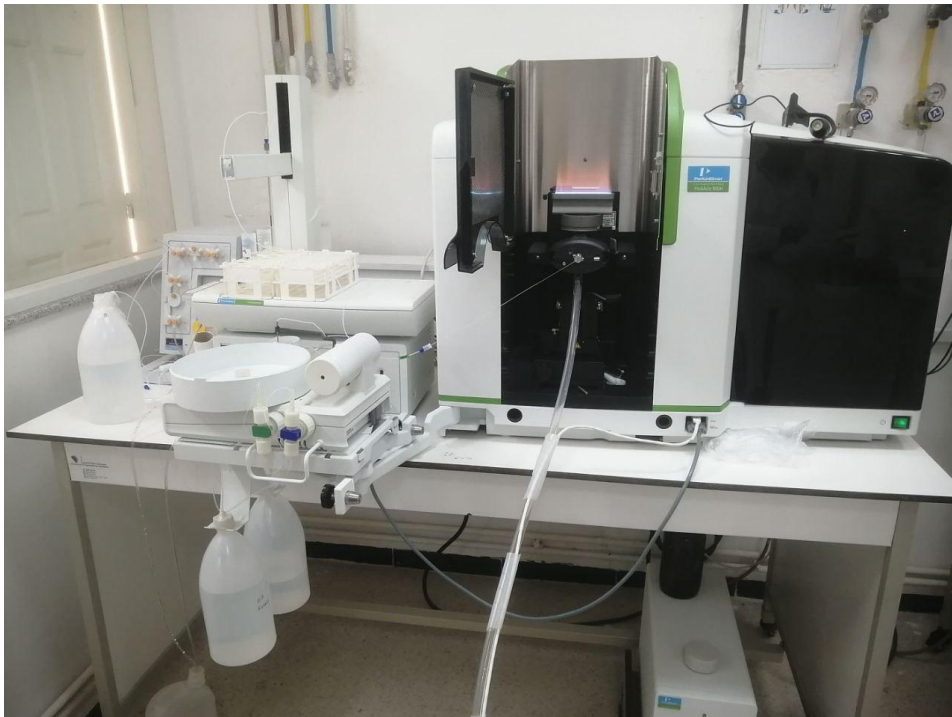
Évaluer la contamination des poissons, des sédiments et des eaux par les métaux lourds.

Fournir des données fiables pour la recherche, la gestion de l'environnement et la prise de décision politique.

b. Équipement de Laboratoire :

Instrumentation Analytique :

- Spectromètre de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS)
- Spectromètre d'absorption atomique (AAS)
- Chromatographe ionique



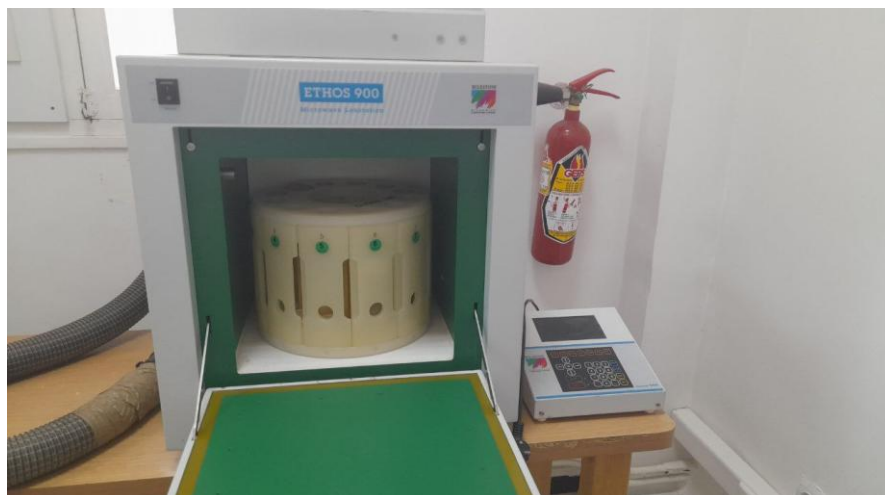
Spectrophotomètre (SAA)

Équipements de Préparation d'Échantillons :

- Broyeurs et homogénéisateurs
- Digesteurs micro-ondes
- Centrifugeuses



Broyeur automatique



Microonde

Équipement de Sécurité :

- Hotte chimique
- Systèmes de ventilation
- Équipement de protection individuelle (EPI)



Etuve

2. Infrastructure et Aménagement

a. Localisation et Conception :

- Choisir un site approprié, de préférence proche des zones d'échantillonnage.
- Conception du laboratoire avec des zones spécifiques pour :
 - Réception et enregistrement des échantillons
 - Préparation des échantillons
 - Analyse et stockage des échantillons
 - Gestion des déchets chimiques

3. Procédures de Préparation et d'Analyse

a. Collecte des Échantillons :

Poissons :

- Utiliser des filets ou des pièges appropriés.
- Enregistrer les spécificités (espèce, poids, longueur).

Sédiments :

- Prélever des échantillons à l'aide de carottiers ou de pelles.
- Noter la profondeur et la localisation exacte.

Eaux :

- Utiliser des bouteilles stériles pour prélever des échantillons d'eau de surface et de profondeur.

b. Préparation des Échantillons :

Poissons :

- Homogénéiser les tissus.
- Digérer les échantillons dans des solutions acides.

Sédiments et Eaux :

- Sécher et tamiser les sédiments.
- Filtrer et acidifier les échantillons d'eau.

c. Analyse des Échantillons :

- Suivre les protocoles standardisés pour la mesure des concentrations en métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, arsenic, etc.).
- Utiliser des blancs, des standards et des échantillons de contrôle pour assurer la qualité des résultats.



Minéralisation à blanc

4. Assurance Qualité et Contrôle Qualité (AQ/CQ)

a. Protocoles AQ/CQ :

- Mettre en place des procédures de contrôle qualité rigoureuses.
- Effectuer des calibrations régulières des instruments.
- Effectuer des audits internes et externes.

5. Personnel et Formation

a. Recrutement :

- Embaucher des scientifiques qualifiés (chimistes analytiques, techniciens de laboratoire, etc.).
- Former le personnel aux bonnes pratiques de laboratoire (BPL) et aux procédures de sécurité.

b. Formation Continue :

- Organiser des sessions de formation régulières sur les nouvelles techniques et technologies.

6. Gestion des Données et Reportions

a. Gestion des Données :

- Utiliser un système de gestion des informations de laboratoire (LIMS) pour le suivi des échantillons et des résultats.
- Assurer la confidentialité et la sécurité des données.

b. Reportions :

- Rédiger des rapports détaillés pour les clients et les parties prenantes.
- Publier les résultats dans des revues scientifiques, le cas échéant.

7. Évaluation des Risques et Sécurité

a. Évaluation des Risques :

- Identifier les risques potentiels liés aux produits chimiques et aux métaux lourds.
- Mettre en place des plans d'urgence et des protocoles de sécurité.

b. Sécurité :

- Fournir un équipement de protection individuelle (EPI) adéquat.
- Former le personnel aux procédures de sécurité et aux premiers secours.

8. Conformité Réglementaire

a. Réglementation :

- Se conformer aux réglementations locales et internationales en matière de sécurité environnementale et de gestion des déchets.

9. Développement et Amélioration Continue

a. Recherche et Développement :

- Investir dans la recherche pour améliorer les techniques d'analyse.
- Collaborer avec des institutions académiques et des organismes de recherche.

b. Amélioration Continue :

- Recueillir régulièrement les retours d'expérience pour améliorer les processus.
- Participer à des programmes de certification et d'accréditation.

En suivant ce prototype, un laboratoire peut fournir des analyses précises et fiables de la contamination par les métaux lourds, contribuant ainsi à la protection de l'environnement et de la santé publique.

Projet	Frais
Frais d'installation et d'équipement de laboratoire - Salaires des techniciens et des chercheurs - Coûts des réactifs et consommables de laboratoire - Maintenance et mise à jour des équipements - Coûts de marketing et de développement commercial	105.031.121.11 DA
Frais administratif et généraux (loyer, services publics, etc.)	719.391.240 DA
Coût du projet	112.225.033.51 DA

Projet	Frais
Frais d'installation et d'équipement de laboratoire - Salaires des techniciens et des chercheurs - Coûts des réactifs et consommables de laboratoire - Maintenance et mise à jour des équipements - Coûts de marketing et de développement commercial	105.031.121.11 DA
Frais administratif et généraux (loyer, services publics, etc.)	719.391.240 DA
Coût du projet	112.225.033.51 DA

Aspect Economique :

année	1 an (12 mois)	2ème année	3ème année
études	2 études	4 études	6 études
Formation	4 Formation	8 Formation	12 Formation

Coût de production :

Désignation	1 an	2ème année	3ème année
1. Équipements de laboratoire : - Spectromètre de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) - Autres équipements de laboratoire (balances, verrerie, etc.)	43.217.700 ,00 DA	21.602.338,53 DA	25.204.380,,39 DA
2. Salaires du personnel : - Scientifique principal : - Technicien de laboratoire - Administrateur / Comptable :			
3. Frais de fonctionnement : - Loyer du laboratoire : - Consommables de laboratoire : - Logiciels et licences : - Marketing et publicité :			
4. Frais divers : - Assurances : - Dépenses administratives diverses :			

1 an (12 mois) FORMATION	2ème année FORMATION	3ème année FORMATION
500 000,00 * 4 = 2 000 000,00 DA	500 000,00 * 8 = 4 000 000,00 DA	500 000,00 * 12 = 6 000 000,00 DA

Chiffre d'affaires :

Nous offrirons les mêmes services durant les 3 premières années, arrivé à une certaine stabilité d'autres services seront ajoutés à l'étude

Résultat		
1.439.967,09 DA	43.199.012,73 DA	86.398.025,46 DA

1- CHIFFRE D'AFFAIRE REALISE LA PREMIER EST 43.217.700,00 DA + LA FORMATION 2 000 000.00 DA = 4.521.770.000DA (1 année)

2- CHIFFRE D'AFFAIRE REALISE LA PREMIER EST 21.602.338,53 DA* 4 + LA FORMATION 4 000 000.00 DA = 2.560.233.853DA (2 année)

4-CHIFFRE D'AFFAIRE REALISE LA PREMIER EST 25.204.380,,39 DA*6 + LA FORMATION 6 000 000.00 DA = 3.121.438.039DA (3 année)

COMMENT CALCULE NOTRE BENEFICE DE LA PREMIERE ANNEE

C.A 4.521.770.000

-

LES CHARGES 21.011.644.00

=

BENEFICE 242.060.560.0

COMMENT CALCULE NOTRE BENEFICE DE LA DEUXIEME ANNEE

C.A 2.560.233.853

-

LES CHARGES 21.011.644.00

=

BENEFICE 459.069.453

Nos spécialités :

1. Étude de Marché et Analyse des Besoins

- Identification des secteurs à risque
- Analyse des réglementations environnementales

2. Développement de Technologies de Détection

- Recherche et développement de capteurs de métaux lourds
- Collaboration avec des laboratoires pour valider les technologies

3. Collecte d'Échantillons

- Méthodologie de prélèvement dans différentes matrices (eaux, sédiments, poissons)
- Logistique et conservation des échantillons

4. Analyse et Traitement des Échantillons

- Utilisation de techniques analytiques comme la spectrométrie de masse
- Partenariats avec des laboratoires certifiés

5. Interprétation des Données

- Analyse statistique des niveaux de contamination
- Modélisation des risques environnementaux

6. Rapports et Recommandations

- Rédaction de rapports clairs et détaillés pour les clients
- Conseils sur les mesures de réduction de la contamination

7. Développement de Logiciels et Applications

- Création de plateformes pour le suivi et la visualisation des données de contamination
- Applications mobiles pour faciliter l'accès aux informations

8. Stratégie de Commercialisation et Partenariats

- Stratégies marketing pour atteindre les clients potentiels
- Établissement de partenariats avec des entreprises et des agences gouvernementales

9. Formation et Sensibilisation

- Programmes de formation pour les entreprises et les collectivités locales
- Campagnes de sensibilisation sur les impacts des métaux lourds

10. Suivi et Évaluation

- Suivi à long terme des sites contaminés
- Évaluation de l'efficacité des mesures de remédiation

Marché :

Ministères :

1. Ministère de l'Environnement :
2. Ministère de la Santé :
3. Agence de protection de l'environnement :
4. Ministère de l'Agriculture ou de la Pêche :
5. Agence de sécurité sanitaire des aliments.

Secteurs :

Différentes directions :

Entreprises étatiques et privées

Résumé

Le mémoire consiste en un détail visant à estimer 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 de Chlef. Le dosage des métaux lourds a été effectué par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). Les résultats de cette étude révèlent des niveaux préoccupants de cuivre et de plomb dans ce poisson selon les normes AFNORE, soulignant ainsi l'urgence d'actions correctives pour préserver la santé publique et atténuer la pollution marine dans la région de Chlef, et plus largement en Algérie.

Les mots clés : la pollution marine, les métaux lourds, la daurade royale, la ferme aquacole de Ténès, la toxicité.

Abstract

The report consists of a detailed analysis aimed at estimating the contamination by certain heavy metals in the flesh of a farmed fish: the case of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) raised in the Chlef region. The quantification of heavy metals was performed using atomic absorption spectrophotometry (AAS). The results of this study reveal concerning levels of copper and lead in this fish according to AFNOR standards, thus highlighting the urgency for corrective actions to preserve public health and mitigate marine pollution in the Chlef region, and more broadly in Algeria.

Key words: marine pollution, heavy metals, gilthead sea bream, the Ténès aquaculture farm, toxicity.

التلخيص

يتضمن هذا البحث تفصيلاً يهدف إلى تقدير التلوث ببعض المعادن الثقيلة في لحم سمك مستزرع، وتحديداً سمك الدنيس (*Sparus aurata*) المستزرع في ولاية الشلف. تم قياس تركيز المعادن الثقيلة باستخدام تقنية مطيافية الامتصاص الذري (SAA).

تكشف نتائج هذه الدراسة عن مستويات مقلقة من النحاس والرصاص في هذا السمك وفقاً لمعايير (AFNOR)، مما يبرز الحاجة الملحة لاتخاذ إجراءات تصحيحية للحفاظ على الصحة العامة والتقليل من التلوث البحري في منطقة الشلف، وعلى نطاق أوسع في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: التلوث البحري، المعادن الثقيلة، الدنيس، مزرعة تربية الأحياء المائية في تنس، السمية.