



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Chadli Ben Djedid El-Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences de la Mer



MEMOIRE
En vue de l'obtention du diplôme de Master II Recherche
Option, Bioressources Marine

THEME

**Evaluation du risque sanitaire lié à la
consommation**

Des *Mullidaes* : *Mullus surmuletus* et *Mullus barbatus*

Présenté par :

Djendoubi Mohammed Haytem

Devant le jury composé de :

Pr GASMI Y.	Présidente	Université Chadli Bendjedid Tarf
Pr KHATI W.	Directrice	Université Chadli Bendjedid Tarf
Dr GHARSALLAH Z.	Examinatrice	Université Chadli Bendjedid Tarf

Année universitaire 2024 - 2025

Remerciements

Je remercie tout d'abord notre dieu Allah de m'avoir aidé à atteindre ce but et de défier tous les obstacles afin de compléter ce modeste mémoire, sans lui rien ne se fait ou ne se crée.

La bonne réalisation de ce mémoire n'a été rendue possible que grâce à l'aide, à l'encouragement et au concours d'un grand nombre de personnes auxquelles je tiens à exprimer mes vifs remerciements.

*J'exprime mes remerciements à mon encadreur « **Pr. KHATI** » qui a toujours suivi mon projet pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail, sa bienveillance et ses conseils avisés. Mes plus sincères remerciements.*

*Mes sincères remerciements au professeur « **Mme GASMI** » qui a bien voulu présider ce jury.*

*Ma gratitude s'adresse au docteur « **Mme GHARSALLAH** » qui a accepté d'examiner et de juger ce modeste travail.*

Dédicace

Je dédie ce travail avec une grande fierté :

A mes chers parents :

Que nulle dédicace ne puisse exprimer mon attachement, mon amour et mon affection, pour leur patience illimitée, leur encouragement, leur aide, en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont ils m'avaient toujours su me combler.

A mes chers frères

A tous mes amis sans exception amis de « L'université Chadli Bendjedid », en témoignage de notre amitié sincère.

Ce qui compte c'est ce que nous portons réciproquement dans nos cœurs : que les distances ne soient pas un handicap au renforcement de nos relations.

À toute ma promotion, avec tous mes respects.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	01
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Généralités sur les métaux lourds.....	06
2. Classification biologique des métaux lourds.....	06
2.1 Présentation des principaux ETMs étudiés (Cd, Pb, Cu)	07
II.2 Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin...	09
3. CARACTERISTIQUES DE L'ORDRE DES PERCIFORMES...	10
3.1 Ecologie de l'espèce :	11
3.2 Ecologie de l'espèce	12
4. Les Métallothionéines	14
4.1-Définition	14
4.2-Régulation et aspects génétiques.....	15
4. 3-Fonction des MTs.....	15
Matériel et Méthodes	
II-1- sites d'études	18
II-2- Echantillonnage	19
II.3 Méthodes de la minéralisation.....	20
II.3.1 Dosage des métaux lourds.....	20
II.4 Dosage des métallothionéines	22
➤ Méthode	22

RESULTATS ET DISCUSSIONS

III Analyse statistique des résultats.....	24
III.1. Niveau de contamination du muscle chez <i>Mullus barbatus barbatus</i> et <i>Mullus surmuletus</i>	26
III.2 Teneurs en metallothionéines chez les poissons.....	31
Conclusion	34
Bibliographie et Références	36

Liste des Sigles
Et
Abréviations

Liste des Sigles et Abréviations :

AUF : Agence Universitaire Francophone

FAO : Organisation des nations unies pour l'agriculture et l'alimentation

IDR : Institut du Développement Rural

UE : Union Européenne

UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Gd : Glande digestive

Br : branchie

C : corps

MT : la métallothionéine

Pb : Plomb

Cd : Cadmium

Cu : Cuivre

EMMAL : Laboratoire d'écobiologie des milieux marins et littoraux

TOC : Température (en degré Celsius)

H : Heure

Mn : Minute

Fig. : Figure

Tab : Tableau

Et al : Et collaborateurs

PbCh : Chlorure de plomb

PbN2 : Nitrate de plomb

CUS04 : Chlorure de cuivre

CdS04 : Sulfate de cadmium

CdCl2 : Chlorure de cadmium

DTNB : {5, 5'-Dithiobis (2-nitrobenzoic acide benzoic)}

Mg : milligramme

Nmol : nanomol

Listes des :
Figures & Tableaux

Liste des figures

N°	TITRE	PAGE
01	Critères de différences entre les 02 espèces de rouget	12
02	Rouget de roche <i>Mullus surmuletus</i>	13
03	Rouget de vase <i>Mullus barbatus</i>	13
04	Situation géographique et image satellitaire montrant le Golf d'Annaba (Google, 2012 modifiée)	18
05	Préparation des poissons au laboratoire	19
06	Pesée et dissection des poissons	20
07	Variation des concentrations du plomb au niveau des deux sites de l'étude dans le muscle des 02 espèces de rouget durant la période considérée.	27
08	Variation des concentrations du cadmium au niveau des deux sites de l'étude dans le muscle des 02 espèces de rouget durant la période considérée	29
09	Variation des concentrations du cuivre au niveau des deux sites de l'étude dans le muscle des 02 espèces de rouget durant la période considérée	30
10	Comparaison des teneurs en métaux et variation des metallothionéine chez les 2 espèces de rouget au niveau des sites de l'étude	32

Liste des tableaux

N°	TITRE	PAGE
01	Tableau n 01 : Gamme d'étalonnage	24
02	Concentrations moyennes en éléments traces métalliques (mg/Kg ps)	31

RESUME

La présente étude visait à caractériser la ou les protéines impliquées dans le métabolisme des contaminations métalliques auxquelles sont exposés les poissons, dans notre cas, il s'agit du rouget de roche et de vase du littoral d'Annaba et D'El Kala.

Notre travail, a porté sur l'évaluation de la contamination métallique par le Pb, le Cu et le Cd, chez le Rouget de vase (*Mullus barbatus*) et le rouget de roche (*mullus surmuletus* (L, 1758), pêchés au niveau du golfe d'Annaba et El Kala. Ce poisson benthique est recommandé par la FAO-UNEP comme bioindicateur de la contamination marine, il permet de mettre en évidence la présence de ces micropolluants au niveau de trois organes ciblés, le muscle (partie comestible), le foie (organe de détoxification et de stockage) et les branchies. L'échantillonnage s'est étalé d'octobre 2024 à Mai 2025. Les dosages d'ETM sont réalisés à l'aide d'un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à Flamme (SAA. F). Les valeurs obtenues dans cette étude démontrent que le Rouget accumule les polluants métalliques analysés, sans pour autant dépassés les normes algérienne tolérées. Les concentrations les plus élevées sont celles de Pb suivies par celles du Cd. Le Rouget se révèle également un bon indicateur, il nous a permis de mettre en évidence une contamination métallique dans les deux sites de l'étude. Le biomarqueur spécifique de la contamination métallique s'est avéré sensible aux variations des métaux.

Mots-clés : cadmium ; cuivre ; plomb ; métallothionéine ; Rouget de roche et de vase, santé.

Abstract

The present study aimed to characterize the protein(s) involved in the metabolism of metal contamination to which fish are exposed, in our case, the red mullet and mud mullet from the Annaba and El Kala coast.

Our work focused on the assessment of metal contamination by Pb, Cu and Cd in the red mullet (*Mullus barbatus*) and the red mullet (*Mullus surmuletus* (L, 1758), caught in the Gulf of Annaba and El Kala. This benthic fish is recommended by FAO-UNEP as a bioindicator of marine contamination, it allows to highlight the presence of these micropollutants in three targeted organs, the muscle (edible part), the liver (detoxification and storage organ) and the gills. Sampling was carried out from October 2024 to May 2025.

ETM measurements were carried out using a Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAS). The values obtained in this study demonstrate that the Rouget accumulates the analyzed metallic pollutants, without exceeding the tolerated Algerian standards. The highest concentrations are those of Pb followed by those of Cd. Rouget also proves to be a good indicator; it allowed us to highlight metallic contamination in the two study sites. The specific biomarker metallothionein, of metallic contamination proved to be sensitive to variations in metals.

Keywords: Metals; metallothionein; health; Red mullet; Annaba; El kala



INTRODUCTION

INTRODUCTION

La mer Méditerranée est riche en ressources marines uniques et propres aux eaux tempérées caractérisées par une biodiversité exceptionnelle. Depuis des millénaires, ces espèces marines constituent, d'une part, un moyen de subsistance pour l'homme et d'autre part, le moteur des économies nationales de la région. Cependant la croissance démographique et la demande accrue en ressources marines font craindre le déclin des espèces ichthyologique et l'appauvrissement de la diversité marin locale dans son ensemble outre la surexploitation potentielle des ressources marines (Caddy, 1993).

Les poissons méditerranéens sont exposés aux différentes menaces incluant la pollution (pour 7,5% des espèces), la perte d'habitat (7,4%), et les activités anthropiques (5%), seul un faible pourcentage d'espèces (1%) est menacé par des espèces envahissantes ou exotiques (Golani et Appelbaun- Golani, **2010**).

Selon l'Organisation des Nations Unies (2010), l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergies dans le milieu marin, occasionne des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes, une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément.

Selon le PNUE (Programmes des Nations Unies pour l'Environnement), 80% des pollutions marines sont d'origines terrestre et anthropique, à l'instar des eaux usées domestiques, les plastiques, les rejets industriels, les pesticides et les engrais agricoles, qui sont les causes principales.

Les métaux lourds sont présents naturellement dans l'environnement. Les activités anthropiques (industrie, agriculture, exploitation minière) sont à l'origine d'une augmentation considérable des quantités de métaux lourds dans l'environnement, y compris dans l'écosystème marin. Par conséquent, les organismes marins (poissons, mollusques, crustacés) sont exposés à ces métaux, présents dans l'eau ou dans leur nourriture. Les gros poissons en bout de chaîne alimentaire et riches

INTRODUCTION

en lipides, en particulier le merlu, le rouget, le brochet, l'espadon, le thon, le requin ou le maquereau, peuvent accumuler ces métaux, à des concentrations potentiellement toxiques. L'ingestion de poissons et crustacés est une voie d'exposition majeure aux métaux pour la population générale au cours d'une vie. Les effets néfastes sur la santé de la consommation d'aliments par les métaux varient en fonction de la quantité consommée, de la durée de l'exposition, de l'âge. La pollution par les éléments métalliques et autres xénobiotiques introduits à l'état de traces, dans le milieu aquatique, se répartissent dans trois compartiments interactifs : l'eau, les matières en suspension et les organismes vivants. Par exemple, dans les milieux pollués par le cadmium, les poissons constituent une cible potentielle d'accumulation de ce métal. L'importance des poissons dans les chaînes trophiques, ainsi que l'aspect toxicologique pour les poissons eux-mêmes, confèrent un grand intérêt à l'étude de la bioaccumulation de tels micropolluants. La réalisation de plusieurs expériences a permis d'étudier l'influence de l'âge, du sexe et du niveau de contamination sur les cinétiques d'accumulation et de détoxification.

Le milieu marin méditerranéen est particulièrement exposé au déversement de déchets agricoles, de particules en suspension dans l'air et d'eaux de ruissellement chargées d'agents pathogènes, de métaux lourds, de matières organiques polluantes, d'huiles et de substances radioactives, (MeHSIP, 2008), dont les origines sont les activités industrielles, les transports maritimes (30% du trafic maritime mondial) et les activités domestiques avec des rejets en mer estimés à 6.105 tonnes chaque année, soit l'équivalent de 30 catastrophes de type "Erika" (Gallini, 2008 ; ONU, 2019).

Le golfe d'Annaba connaît au même titre que le reste du littoral Algérien, les mêmes problèmes environnementaux, il est exposé aux risques des différents types de pollutions d'origine anthropique qui ont un impact sur les organismes qui y vivent et sur l'homme.

INTRODUCTION

Le Rouget barbet (*Mullus barbatus* L, 1758), est un poisson dont la chair est fortement appréciée, et dont la valeur commerciale est importante. En effet le *Mullus barbatus* est une espèce de poisson qui vit à proximité des fonds marins. Il a été très recommandé par des organismes internationaux comme espèce bioindicatrice de la pollution par les EMT (FAO- UNEP, 1993). De ce fait, des travaux ont été réalisés sur la contamination par les éléments traces métalliques par le biais du (*Mullus barbatus*) dans différentes régions du globe mais très peu d'études sont faites dans le golfe d'Annaba.

Son homologue, rouget de roche (*Mullus surmuletus* L, 1758), poisson benthique, reflète très bien la qualité de son biotope, et se trouve être une espèce très abondante dans les eaux côtières algériennes et surtout très appréciée par une forte population ichthyophage

Les métaux que nous nous sommes proposé d'étudier pour évaluer le niveau de la métallothionéine, biomarqueur spécifique de la contamination métallique au niveau du golf d'Annaba sont le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et le cuivre (Cu). Ils ont été choisis car ils sont les plus représentés et les plus problématiques dans l'environnement.

En revanche le cadmium et le plomb du fait de leur toxicité même à faible concentration, ainsi que leur appartenance aux contaminants classés prioritaires par l'Union Européenne (Haynes et Johnson, 2000 ; Mcpherson et Chapman, 2000 ; HagopainSchlekt et al, 2001) sont aussi mesurables à l'état de traces, et les niveaux mesurés dans les tissus sont corrélés avec l'exposition (Kraal et al, 1995 ; Odzak et Zvonaric, 1995 ; Liang et al, 1999). Le danger de cette pollution métallique dans le milieu aquatique réside dans le risque toxicologique qui peut être induit lors de la consommation de ces produits d'où son impact directe sur la santé humaine (Amiard et al, 2010) ; sans pourtant écarter la toxicité du cuivre, un oligo-élément qui, quand il est retrouvé à très forte dose, engendre des complications.

INTRODUCTION

Le présent travail s'articule autour de trois parties :

Partie I : est une synthèse bibliographique qui comporte :

- 1- Des généralités sur la pollution métallique, les propriétés et les effets de quelques métaux lourds et la synthèse des metallothionéines.
- 2- Caractéristiques morphologiques et biologiques des deux espèces de rouget et leurs utilisations comme bio indicateurs de l'environnement.

Partie II : présente les caractéristiques de la zone d'étude. Elle relate aussi les différentes étapes utilisées pour la réalisation de cette étude.

Partie III : Consacrée à la présentation de l'ensemble des résultats, et à leur discussion. Cette partie est clôturée par quelques suggestions pour la préservation et la protection de l'environnement dans le golfe d'Annaba.



SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les métaux lourds

Les trois matrices marines eau, sédiment et êtres vivants sont concernées par la Pollution. Les polluants présents en mer sont majoritairement d'origine anthropique, Au niveau du littoral algérien, l'urbanisation galopante des zones littorales, et la croissance industrielle, ramènent leurs lots d'eau usée non traitée, rejetée directement en mer, s'ajoute à cela la forte affluence des touristes pendant l'été, ce qui a mené à classer certaines de ces zones comme zones à risque, et d'autre comme points chauds de pollution (EEA, 2006).

Parmi les polluants qui arrivent en mer, les métaux lourds sont des polluants dont la nocivité est liée à leur rémanence. Ils sont peu métabolisés (à l'inverse des polluants organiques) et peuvent donc être transférés dans le réseau trophique et s'accumuler dans la matière vivante (Amirad, 2011).

1.1. Définition des métaux lourds

Un métal est un élément chimique, issu le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, doté d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie et ce depuis l'antiquité.

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux dans certains cas metalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique qui est supérieure à 5g par cm³ (Miquel, 2001).

2. Classification biologique des métaux lourds

La plupart des scientifiques préfèrent l'appellation des métaux lourds celles de "Eléments en Traces Métalliques" (ETM), ou par extension éléments traces. Selon Miquel, 2001, on distingue deux catégories d'ETM :

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

✓ Les éléments traces essentiels

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables, à l'état de traces, pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en très faibles proportions dans les tissus biologiques (Loué, 1993). Selon Cotzias, 1967, ces oligoéléments doivent répondre aux critères fixés suivants :

- être présent dans les tissus vivants à une concentration relativement constante ;
- provoquer, par leur absence dans l'organisme, des anomalies structurelles et Physiologiques ;

✓ Les éléments traces non essentiels

Les métaux non essentiels n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule mais présentent un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants, c'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg) et du cadmium (Cd) (Chiffolleau, 2004).

2.1 Présentation des principaux ETMs étudiés (Cd, Pb, Cu)

Le cadmium (Cd)

Le cadmium est un métal blanc argenté, ayant des propriétés physiques proches de celles de zinc. C'est l'un des métaux les plus toxiques dans l'environnement (Prankel et *al*, 2004).

Le cadmium a servi pour protéger l'acier contre la corrosion (cadmiage) ou encore comme stabilisant pour les plastiques et comme pigment dans les produits céramiques (Jarup, 2002). Les usages de cadmium se situent principalement en électricité, en électronique, en métallurgie et dans l'industrie des matières plastiques. Diverses utilisations de cadmium sont encore observées khzti

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Le Plomb (Pb)

Le plomb est un métal gris bleuâtre possédant 20 isotopes dont quatre sont naturels. C'est un élément très présent dans l'écorce terrestre, il s'y retrouve sous forme de minerai et il est souvent lié à l'argent et au zinc, les principaux minerais du plomb sont la galène (composé de sulfure du plomb), la cérusite (composé du carbonate naturel du plomb) et l'anglésite (composé du sulfate naturel de plomb) (Garnier, 2005).

L'ingestion d'aliments contaminés est considérée comme l'une des voies principales d'exposition au plomb. Ce métal s'accumule dans les oses et les tissus mous. Selon Nolasco, 2013, une exposition à des faibles doses du plomb peut avoir certains effets sur le développement intellectuel et le comportement des enfants par contre une exposition à des taux élevés du plomb peut notamment causer des maladies rénales, des retards mentaux, de l'anémie et des problèmes de reproduction. Selon le même auteur, une exposition chronique au plomb peut avoir des effets cardiovasculaires négatifs sur l'humain et le plomb s'avère aussi cancérigène.

Le Cuivre (Cu)

Si les ETM sont souvent indispensables au déroulement des processus biologiques (oligoéléments), nombre d'entre eux peuvent s'avérer contaminants pour diverses formes de vie, lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique (spéciation) de l'élément considéré. C'est le cas du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Chrome (Cr), du Nickel (Ni), du Fer (Fe), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn) de l'Arsenic (As) et du Titane (Ti) (Miquel, 2001).

Le Cu est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29. Métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique à température ambiante (Hurlbut et Klein, 1982 ; Mahan, 1987).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Le Cu est un des rares ETM qui existe à l'état natif. L'occurrence du Cu natif est cependant assez faible (Hurlbut et Klein, 1982). Le Cu est moyennement abondant dans la croûte terrestre pour être un métal lourd (Wedepohl, 1995). On le trouve le plus fréquemment sous forme de sulfure ou de sulfosel (Hurlbut et Klein, 1982). Les modèles chimiques pour les eaux naturelles montrent que Cu reste à l'état d'ion $2+$ jusqu'à un pH de 6 unités. Le Cu forme aussi plusieurs complexes avec des ligands organiques (Callender, 2003). Après introduction du Cu dans le milieu aquatique, l'équilibre chimique est généralement atteint en 24 heures (Casas, 2005).

2.2 Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin

Le déroulement général d'un cycle biogéochimique semble s'effectuer selon ces étapes qui consisterait en un piégeage des polluants métalliques par des particules en suspension, par la biomasse marine et par le sédiment, en fonction des conditions physicochimiques du milieu marin et cela par :

- **La précipitation** : phénomène qui s'opère lorsque le polluant métallique en solution chute par gravitation au fond du milieu marin. Cependant en eau profonde, certains métaux pourraient retourner en solution bien avant d'atteindre le fond.
- **L'adsorption** : phénomène qui a lieu quand les molécules ou les ions métalliques se fixent à la surface des composantes marines (particules, organismes marins, sédiments).
- **L'absorption** : c'est le passage du polluant métallique dans un organisme marin.
- **La sédimentation** : phénomène qui s'effectue lorsque les ions métalliques se superposent formant ainsi des couches sédimentées. Les animaux benthiques participent à l'accélération du dépôt des particules et de leurs métaux associés en les consolidant dans des matières fécales. Ces animaux participent ainsi à la sédimentation du milieu marin (**Ramade, 1992**).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

En Ecotoxicologie :

Tous les organismes vivants, surtout les animaux aquatiques sont capables de réguler partiellement leur contenu en ions. Selon Nassogne (1970), il peut y avoir une bioaccumulation jusqu'à l'apparition de phénomène de toxicité pour les éléments non régulés.

On distingue alors deux types de toxicités :

► Toxicité Aigüe :

L'absorption rapide d'un toxique par voie tégumentaire, pulmonaire ou buccale, conduit à une intoxication aigüe qui se développe rapidement et provoquant la mort ou de très graves troubles physiologiques à forte dose et à une courte durée.

► Toxicité Chronique :

Elle se manifeste par des effets toxiques produits par l'exposition à de très faibles concentrations, parfois à des doses infimes, pouvant provoquer des troubles métaboliques ou physiologiques susceptibles d'aboutir à la mort. Mais reste qu'il est difficile de définir l'impact d'un polluant vu que la toxicité est liée à plusieurs facteurs :

- La nature et la concentration de l'agent contaminant.
- Les caractéristiques du milieu récepteur (T°, pH...).
- L'état physiologique des organismes (Age, sexe...).

3. CARACTERISTIQUES DE L'ORDRE DES PERCIFORMES

- ❖ Le rouget de roche *Mullus surmuletus* est un poisson téléostéen appartenant à l'ordre des perciformes. Il présente un corps allongé assez comprimé latéralement dos et flancs sont rougeâtres à rouge écarlate, des bandes jaunes horizontales au niveau inférieur des flancs ; une tête haute et courte, deux longs barbillons sous le menton.

POSITION SYSTEMATIQUES

Embranchement :	Vertebrés
S/Emb :	Gnathostomes
Super classe :	Poissons
Classe :	Ostéichthyens
S/classes :	Actinoptérygiens
Super ordre :	Téleosteéns
Ordre :	Perciformes
S/ordre :	Percoïdes
Famille :	Mullidae
Genre :	<i>Mullus</i>
Espèce :	<i>surmuletus</i>

3.1 Ecologie de l'espèce :

Mullus surmuletus est une espèce commune dans les eaux côtières de toute la Méditerranée et dans l'Atlantique est, des îles britanniques au Sénégal elle est absente dans la mer noire (F.A.O, 1977). Cette espèce fréquente les fonds sableux, graveleux et rocheux et peut aller jusqu'à 90 cm de profondeur. Les rougets de roche se caractérisent par un cycle de vie presque identique que celui du rouget de vase *Mullus barbatus* (Suau et Nives, 1954 ; Gharbi et Ktari, 1981) mais les deux espèces se distinguent par quelques critères.

- ❖ Le Rouget de vase *Mullus barbatus* est une espèce de poisson marin de la famille des Mullidés, également appelé barbet ou Rouget de vase. Il se distingue du Rouget de roche (*Mullus surmuletus*) par la forme de son museau. Le Rouget de roche présente un profil moins raide que le Rouget de vase. De plus, le Rouget de roche a des stries sur sa première nageoire dorsale contrairement à la couleur unie du Rouget de vase. Le tableau suivant résumé la classification :

POSITION SYSTEMATIQUES

Embranchement	Chordata
Sous-embranchement	Vertebrata
Super-classe	Osteichthyes
Classe	Actinopterygii
Sous-classe	Neopterygii
Infra-classe	Teleostei
Super-ordre	Acanthopterygii
Ordre	Perciformes
Sous-ordre	Percoidei
Famille	Mullidae
Genre	<i>Mullus</i>
Espèce	<i>barbatus</i>

3.2 Ecologie de l'espèce

Le Rouget est une espèce benthique, rencontrée fréquemment sur les fonds vaseux, à des profondeurs comprises entre 5 et 250m (Voliani, 1999). On le trouve aussi sur les fonds de gravier, de sable et de merl, sur le côté nord du détroit de Sicile (Samed, 2002).

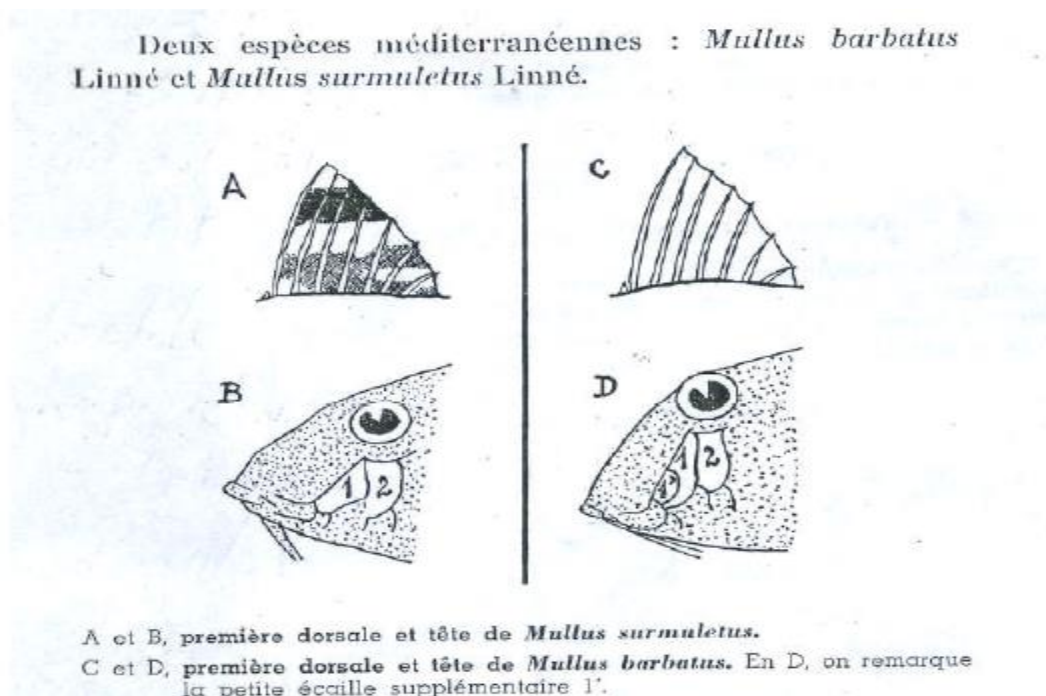


Figure 1 : Critères de différences entre les 02 espèces de rouget



Figure 2 : Rouget de roche *Mullus surmuletus*
(https://fr.wikipedia.org/wiki/Mullus_surmuletus)



Figure 3 : Rouget de vase *Mullus barbatus*
(https://fr.wikipedia.org/wiki/Mullus_barbatus)

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

4. Les Méthallothionéines

4.1-Définition :

En 1957, Margoshes et Vallee ont isolé du cortex rénal du cheval, une protéine inhabituelle complexant le cadmium. Cette dernière, purifiée, fut nommée méthallothionéine (MT) en fonction de son haut contenu en métal et en soufre (Kagi et al. 1974). Sa séquence protéique fut déterminée quelques années plus tard (Kojima et al. 1976). Des MTs, ainsi que d'autres protéines présentant beaucoup de similarités avec les MTs de cheval, ont maintenant été isolées chez une grande quantité d'organismes, incluant les procaryotes, les levures, les champignons, les métaphytes, les mollusques, les crustacés et les vertébrés. Il a été proposé par Kagi et Nordberg en 1979 que les protéines ayant les mêmes propriétés physiques et chimiques que les MTs de cheval seraient appelées elles-mêmes MTs.

Les propriétés les plus importantes sont :

- 1 -Un poids moléculaire de 6000 à 7000 Dalton, (lors d'une chromatographie d'exclusion le poids moléculaire apparent est de plus ou moins 10000 Dalton,).
- 2 -Un haut contenu en métal (sept atomes de cadmium ou de zinc par molécule, douze de cuivre).
- 3 -Un taux caractéristique en certains acides aminés (un haut contenu en cystéine (33%) et pas d'acides aminés aromatiques ou d'histidine), et une séquence unique incluant une distribution fixe des cystéines.
- 4 -Une absorption caractéristique du complexe SH-cadmium à 250 nm,
- 5 -Une résistance à la chaleur.

Pour certains groupes d'organismes, la structure des MTs a été étudiée par un ensemble varié de techniques biophysiques et biochimiques incluant l'absorption ultraviolette, la résonance magnétique nucléaire, le séquençage d'acides aminés et la cristallographie (Kagi et al. 1984).

Chez les vertébrés, les MTs sont composées de 60 à 68 acides aminés. Elles contiennent 20 cystéines (parfois 21), 19 sont conservées. La séquence de la

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

protéine est divisée en deux domaines, contenant 9 et 11 cystéines, toutes pouvant se lier à respectivement 3 et 4 ions métalliques bivalents. Le gène est quant à lui composé de 3 exons, 2 introns et les sites d'épissage semblent conservés (Roesijadi 1992).

Les MTs sont classifiées en classe I, II ou III en fonction de la localisation des cystéines et de leur mode de synthèse (Fowler et al. 1987) :

-Classe I : Polypeptides dont la position des cystéines est similaire aux MTs du rein de cheval.

-Classe II : Polypeptides dont la position des cystéines est différente de celle des MTs du rein de cheval.

-Classe III : Polypeptides complexant des métaux via des groupes thiols, mais n'étant pas synthétisés par un processus de traduction d'ARN messager. Il s'agit de la cadystine, les phytochélatines, les phytochélatines, et la γ glutamylcysteinyl-glycine. Ces substances ont été identifiées chez les plantes et certains champignons.

A ce niveau, il faut noter que de nombreux invertébrés produisent diverses petites protéines, complexant spécifiquement certains métaux et ayant parfois de subtiles différences avec les MTs. Ces protéines ne sont pas encore bien connues et sont parfois difficilement séparables des MTs (Stone and Overne 1984).

4.2-Régulation et aspects génétiques :

Plusieurs facteurs, incluant métaux, hormones et interférons, régulent la transcription des MTs, la présence d'éléments de régulation autres que les métaux, indique que l'expression du gène des MTs est complexe et influencée par des états métaboliques qui ne résultent pas toujours d'une exposition aux métaux (Roesijadi 1992).

Par exemple, chez la truite arc-en-ciel, le taux de MTs hépatique fluctue en fonction de l'état gonadique, ceci étant une réponse possible au besoin métabolique en zinc (Olsson et al. 1987).

Le stress dû au transport et aux manipulations de laboratoire est aussi connu pour induire les MTs (Baer and Thomas 1990). L'expression de l'ARNm des MTs est régulée en fonction du développement chez les oursins (Wilkinson and Nemer 1987) et les poissons (Olsson et al. 1990).

4. 3-Fonction des MTs :

La fonction des MTs, encore énigmatique, serait de jouer un rôle dans la régulation intracellulaire des métaux lourds. La première découverte des MTs étant corrélée à son haut contenu en cadmium, on lui avait donc assimilé un rôle de détoxification vis-à-vis de ce dernier. Pourtant, le contenu en métal des MTs purifiées est très variable et dépend des organismes, des tissus et de l'histoire d'exposition aux métaux lourds. Par exemple les MIs extraites d'un foie humain ont un haut contenu en zinc tandis que dans le même individu, les MIs isolées dans le rein contiennent du cadmium et du cuivre. Ces différences sont probablement dues à l'exposition différente des organes aux métaux lourds mais aussi à l'expression de différentes isoformes de MIs.

Aujourd'hui, sachant que les MIs se retrouvent dans quasi tous les organismes et qu'elles complexent des métaux tels que le zinc et le cuivre, son rôle au niveau cellulaire serait plus en rapport avec un métabolisme général des métaux (essentiels ou non essentiels) pour l'organisme.

II-Matériel

Et

Méthodes

II-1- sites d'études

La zone d'étude correspond à la partie la plus au nord-est de la côte algérienne délimitée par le cap de Garde à l'ouest et le cap Segleb à l'est, comprenant la baie d'Annaba et la côte d'El kala.

Le golfe d'Annaba, situé au Nord-Est de l'Algérie, est un golfe ouvert de la mer Méditerranée au Nord et délimité par deux promontoire ; Rosa à l'Est ($8^{\circ}15'E$, $36^{\circ}58'N$) et Garde à l'Ouest ($7^{\circ}47'N$ E, $36^{\circ}58'N$) (Bouzahouane et al, 2018).

Le littoral de cette zone s'étend sur environ 40 kilomètres de côtes et possède un potentiel halieutique très important. (Feknous et al, 2022).

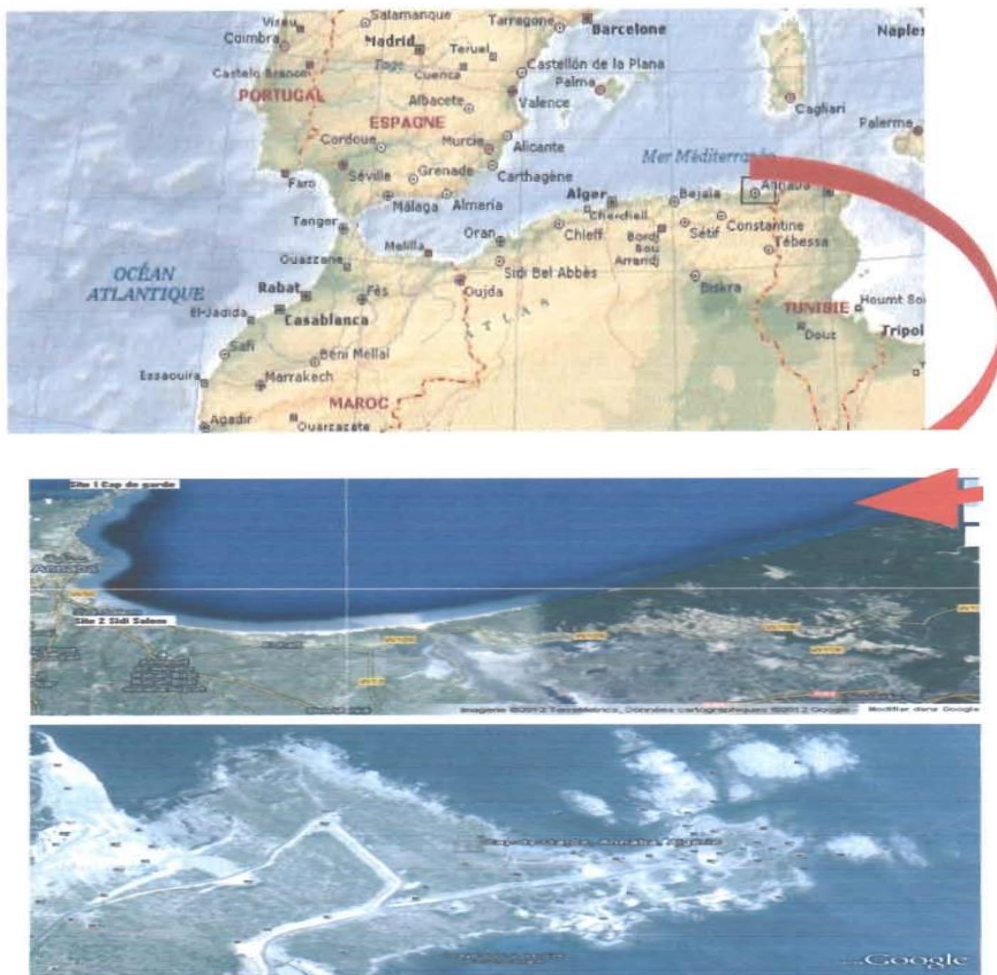


Figure 4 : Situation géographique et image satellitaire montrant le Golf d'Annaba (Google, 2012 modifiée)

II-2- Echantillonnage

Matériel et Méthodes

Un échantillonnage aléatoire a été réalisé soit par achat direct auprès des pêcheurs au moment de leur débarquement dans les ports de pêche d'Annaba, soit indirectement dans les pêcheries de la ville.

Nous avons effectué des échantillonnages aléatoires saisonniers des 02 spécimens par lot de 10 poissons, en octobre 2024, janvier, mars et mai 2025 Leur traitement s'est effectué au laboratoire où les poissons sont disposés sur une plaque en verre nettoyée à l'eau distillée.



Figure 5 : Préparation des poissons au laboratoire

Les premiers paramètres relevés sont :

- 1- La longueur totale (Lt) est mesurée à l'aide d'un ichtyomètre du bout du museau jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale intacte.
- 2- Le poids total (Pt) est relevé grâce à une balance de précision au 1/10 près.



Figure 6 : Pesée et dissection des poissons

Les poissons sont disséqués et 02 gramme de muscle sont prélevés pour le dosage des métaux et 01 gramme pour quantifier les teneurs en metallothionéines pour les 02 espèces. Le muscle est ensuite congelé à basse température - 20°C jusqu'à leurs analyses chimiques.

II.3 Méthodes de la minéralisation

Toute recherche d'un toxique minérale fixé dans les organes, exige une minéralisation qui aboutit à une dégradation complète de la matière organique. Il existe plusieurs méthodes de minéralisation comme la minéralisation par voie sèche ou la minéralisation par voie humide (Amiard et al, 1987).

Dans le présent travail, nous avons utilisé la minéralisation par voie sèche qui consiste en une attaque à chaud par un acide fort (acide nitrique) dans le but de faire passer les métaux lourds associés à la matière organique en solution (Bernhard, 1977).

Les étapes de la minéralisation par voie sèche sont comme suit :

- 2 g de muscle sec est homogénéisé
- 1 ml d'acide nitrique HNO₃ à 100°C de pureté est ajouté ;
- Le matras est mis dans un nid chauffant à 100°C pendant 10min ;

Matériel et Méthodes

- Le minéralisât est récupéré puis complété jusqu'à 4 ml avec l'eau bi-distillée et mis dans un tube étiqueté et fermé pour éviter l'évaporation.
- Après l'étape de la minéralisation, le "minéralisât" obtenue est filtré à l'aide d'un papier filtre. Il est ensuite conservé dans des tubes étiquetés jusqu'au moment du dosage des métaux lourds.
- Les tubes sont conservés en attendant l'analyse au Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à flamme (SAA, F).

II.3.1 Dosage des métaux lourds

Le dosage des métaux étudiés (Pb, Cd et Cu) a été effectuée par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme, c'est la méthode la plus utilisée actuellement (Janin et Schnitzer, 1996). Elle est réalisée au niveau du laboratoire de Seybouse.

La Spectrophotométrie d'Absorption Atomique à flamme (SAA, F) est une méthode spectrale qui permet la détection des faibles teneurs de métaux et éléments minéraux dans les solutions (Belhocine, 2012). Cette dernière étudie les émissions ou absorptions de lumière par atome libre, c'est à dire lorsque celui-ci voit son énergie varier au cours d'un passage d'un de ces électrons d'une orbite électronique à un autre. Généralement, seuls les électrons externes de l'atome sont concernés (Belhocine, 2012). Au cours des analyses de Spectrophotométrie d'Absorption Atomique, une solution contenant des éléments métalliques est introduite dans le brûleur de l'appareil, celle convertie

Dans une flamme air-acétylène ou un atomiseur électrothermique sous forme de vapeur constitué maintenant d'atomes libres. Une source lumineuse émise d'une lampe à cathode creuse faite du métal à analyser est dirigée à travers la vapeur, les atomes de l'échantillon dispersés dans la vapeur absorbent une partie de la radiation, ce qui entraînera une diminution de cette dernière (F.A.O., 1977).

II.4 Dosage des métallothionéines

Les métallothionéines sont des protéines solubles trouvées dans le cytosol (Cherian et Goyer, 1978). Elles ont un taux de renouvellement rapide dans les tissus et peuvent être accumulées en grandes quantités dans les lysosomes tertiaires. Ces lysosomes sont des vésicules membranaires à temps de vie biologique variable et sont reconnus dans les tissus sous forme de granules riches en métaux. La séquestration des éléments trace accumulés est d'une importance majeure dans le mécanisme de détoxification. Ces métalloprotéines riches en groupes sulfhydriles fixent principalement le zinc, le cuivre, le cadmium, le mercure et le plomb (Bouquegneaux et Noël-Lambot, 1978; Kohler et Riisgard, 1982; Depledge et Rainbow, 1990). La méthode de dosage des métallothionéines que nous utilisons dans le cadre de ce travail est la colorimétrie.

Principe : Les métallothionéines sont des protéines exceptionnellement riches en cystéines et par conséquent en groupements thiol (SH). En présence du DTNB {5,5'-Dithiobis (2-nitrobenzoic acide)}, l'apparition de la coloration jaune est proportionnelle à la teneur en groupements SB contenu dans les MTs (Viarengo et al. 1997).

➤ **Méthode :**

❖ **Homogénéisation**

- ✓ Prélever 1 g de l'échantillon.
- ✓ Ajouter 3 volumes du tampon d'homogénéisation.
- ✓ Homogénéiser à l'aide d'un broyeur.

❖ **Centrifugation**

- ✓ Centrifuger l'homogénat à 30 000 g pendant 20 minutes à 4 °C.
- ✓ Récupérer 1ml du surnageant.
- ✓ Mélanger au vortex

❖ Préparation éthanoïque

- ✓ Prélever 1ml du surnageant.
- ✓ Ajouter au surnageant 1,05 ml d'éthanol absolu froid (-20 °C)
- ✓ Ajouter 80µl de chloroforme.
- ✓ Mélanger au vortex pendant quelque seconde.
- ✓ Centrifuger à 6000 g pendant 10 minutes à 4 °C.
- ✓ Récupérer le surnageant.

❖ Précipitation des Méthallothionéines

- ✓ Ajouter au surnageant 1 mg d'ARN et 40µl d'HCl à 37 %.
- ✓ Ajouter 3 volumes d'éthanol froid (-20 °C).
- ✓ Mélanger au vortex pendant quelque seconde.
- ✓ Conserver le mélange a -20 °C pendant une 1 heure.
- ✓ Centrifuger à 6000 g pendant 10 minutes à 4 °C.
- ✓ Eliminer le surnageant.
- ✓ Laver le culot avec 3 ml d'une solution de lavage (éthanol, chloroforme, tampon d'homogénéisation - déjà préparer et conserver à -20 °C).

❖ Purification et remise en suspension de la méthallothionéine

- ✓ Centrifuger à 6000 g pendant 10 min à 4 °C.
- ✓ Eliminer le surnageant et sécher le culot à l'air libre.
- ✓ Ajouter au culot 150 µl d'une solution de NaCl 0,25M et 150 µl d'une solution d'HCl 1N qui contienne 4mM d'EDTA.
- ✓ Agiter au vortex pendant quelque seconde, jusqu'à la suspension complète de l'échantillon.

❖ Lecture au spectrophotomètre et détermination de la concentration des MTs

- ✓ Ajouter au culot 4,2 ml du réactif d'Ellman.
- ✓ Centrifuger à 3000 g pendant 5 min.
- ✓ Prélever le surnageant.
- ✓ Lire la densité optique à une longueur d'onde 412 nm.
- ✓ Les teneurs en MTs sont quantifiées en utilisant le GSH comme standard
- ✓ Les concentrations en MTs sont exprimées en µg/g de poids frais selon l'équation suivante :

Matériel et Méthodes

$$C \text{ (MTs)} = \frac{\text{GSH } (\mu\text{g}) \times 8600}{307,3 \times 20 \times \text{pf}}$$

C (MTs) : concentration en MTs

8600 : masse molaire de MTs

307,3 : masse molaire de GSH

20 : nombre de groupements par molécule de MTs

Pf : poids frais des tissus

Préparer une solution mère de GSH à une concentration de 1 mg/ml dans du NaCl 0,25M (par exemple 12-13 mg de GSH dans 12-13 ml du NaCl) et la conserver dans les glaces.

Juste avant l'analyse, dissoudre du DTNB (7,14 mg/42 ml du Tampon phosphate) dans le Tampon phosphate et le conserver à l'obscurité et à TA.

Tableau n° 01 Gamme d'étalonnage

	GSH μl	NaCl 0.25 M μl	Sln Destab μl	Sln DTNB ml	Vol Finale ml
Blanc	/	150	150	4,2	4,5
St 1	20	130	150	4,2	4,5
St 2	40	110	150	4,2	4,5
St 3	80	70	150	4,2	4,5
échantillons	/	150	150	4,2	4,5

Ajouter au blanc et aux standards 4,2 ml de solution de DTNB et attendre 10 minutes pour la lecture au spectrophotomètre, à 412 nm.


Ajouter aux échantillons 4,2 ml de solution de DTNB, les centrifuger à 3000 xg pendant 10 minutes à TA (pour mélanger rapidement) et faire la lecture à 412 nm.

Analyse statistique des résultats

Lors de ce travail, nous avons effectuées l'analyse statistique des résultats à l'aide du logiciel MINITAB. Afin de comparer les concentrations en métaux traces, le teste d'ANOVA à un facteur indépendant a été utilisé pour estimer statiquement les différences entre les concentrations des métaux et de la MT. Ainsi, la

Matériel et Méthodes

différence est considérée significative à un seuil de probabilité P au seuil de 5% ($P < 0,05$).



**III.RESULTATS
ET DISCUSSIONS**

III RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. Niveau de contamination du muscle chez *Mullus barbatus barbatus* et *Mullus surmuletus*

Les métaux traces sont naturellement présents dans la croûte terrestre, mais leur utilisation par l'Homme depuis très longtemps et ainsi les activités anthropiques participent largement à leur dispersion et diffusion croissantes dans l'environnement. Certains d'entre eux (appelés alors oligoéléments) sont impliqués dans des processus métaboliques, et agissent comme co-facteurs dans les réactions enzymatiques. Cependant, ils peuvent également avoir des effets néfastes lorsque leurs concentrations dépassent certains seuils.

Le cas du cuivre, joue un rôle dans l'activation de certains processus enzymatiques et qui fait par exemple partie intégrante de l'hémocyanine (pigment respiratoire chez certains animaux), mais qui est dans le même temps est utilisé comme biocide, de par son action limitant le développement embryonnaire des bivalves ou du phytoplancton (Davis and Gatlin, 1996). Au contraire, certains métaux n'ont aucun rôle biologique connu, et sont donc considérés comme des polluants potentiels dès lors qu'ils sont présents dans le milieu (pouvant induire des effets néfastes sur les organismes vivants). D'autres métaux tels que le plomb et le cadmium peuvent être extraits de la croûte terrestre pour des activités industrielles, puis apportés à l'environnement marin par les apports fluviaux, les activités industrielles ou agricoles (Oursel et al, 2014) ce qui représente une forte menace pour l'environnement, ainsi que les organismes vivant y compris l'Homme de par la consommation de produits contaminés.

Par ailleurs, expliquer les concentrations observées dans les tissus des organismes est complexe dans la mesure où elle reflète aussi bien une exposition environnementale (par le milieu abiotique tel que l'eau, le sédiment avec lesquels les organismes sont en contact) qu'une contamination par l'alimentation, et

III Résultats et discussions

représentent également le résultat de processus métaboliques possibles de régulation (stockage, excrétion, etc.) des contaminants dans les tissus suite à l'exposition des organismes à ces contaminants.

Ainsi, les concentrations moyennes des éléments traces étudiés dans les tissus musculaires de *M. barbatus* et *M. surmuletus* échantillonnés dans les deux zones et durant la période de l'étude sont représentées dans le tableau 2. Si l'on considère tous les éléments traces étudiés dans les deux espèces de poissons, les zones d'échantillonnage et les périodes d'échantillonnage de cette étude, les valeurs moyennes obtenues sont dans l'ordre suivant : Pb > Cu > Cd.

Ces derniers, étaient plus élevés dans les tissus musculaires de *M. barbatus barbatus* par rapport aux concentrations des mêmes éléments traces dans les tissus musculaires de *M. surmuletus*.

Dans cette étude **le Pb** était l'élément le plus abondant dans le tissu musculaire de *M. barbatus barbatus* et de *M. surmuletus*. La concentration moyenne de Pb dans le tissu musculaire de *M. barbatus barbatus* a varié de $0,04 \pm 0,01$ à $2,843 \pm 0,297$ mg/kg p.s. et dans le tissu musculaire de *M. surmuletus* de $0,02 \pm 0,006$ à $2,55 \pm 0,278$ mg/kg p.s. tout au long de la période d'étude. Les concentrations de Pb dans les tissus musculaires de *M. barbatus barbatus* et de *M. surmuletus* étaient significativement plus élevées dans la cote d'Annaba que dans le littorale d'El Kala.

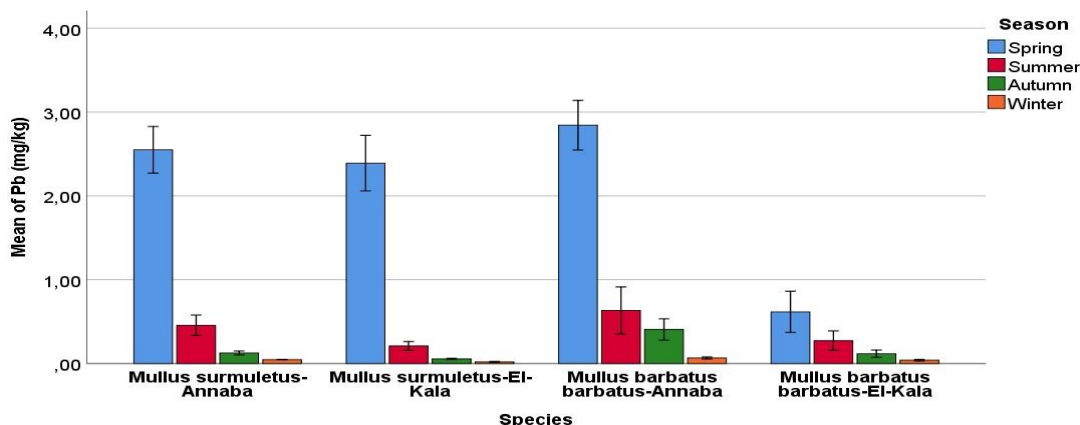


Figure 07 : Variation des concentrations du plomb au niveau des deux sites de l'étude dans le muscle des 02 espèces de rouget durant la période considérée.

III Résultats et discussions

Les différences de concentrations de Pb dans les spécimens de poissons, montrent des concentrations élevées au printemps ensuite en été, ces dernières restent en dessous de normes Algérienne (0,3mg/kg.PF). Selon (El Bouhali et al. 2008), la diffusion du Pb à travers la barrière cutanée est un mécanisme possible pour la bioconcentration du Pb chez les poissons. Ceci expliquerait, dans notre cas, l'augmentation des concentrations en Pb au printemps et à l'été (période de faible alimentation et de reproduction).

Pour ce qui est du cadmium (Cd), la concentration moyenne de ce dernier dans le tissu musculaire de *M. barbatus* variait de $0,936 \pm 0,052$ à $0,02 \pm 0,006$ mg/kg p.s, et dans les échantillons de *M. surmuletus* de $0,313 \pm 0,077$ à $0,01 \pm 0$ mg/kg p.s., (tableau 2). Les concentrations de Cd au printemps étaient plus élevées dans les tissus musculaires avec des teneurs élevées de Cd chez *M. surmuletus* d'Annaba. Il n'y a pas de différences significatives dans la concentration de Cd dans les échantillons de *M. barbatus* et de *M. surmuletus* entre les périodes examinées.

En comparant à des normes recommandées, les concentrations de cadmium enregistré sont inférieures à celle de l'Algérie (0,05mg/kg.PF), et à celle de la FAO. Les études réalisées ces dernières années ont signalé des niveaux de Cd dans les aliments marins comestibles inférieurs aux limites de détection (Korkmaz et al, 2017, 2019), comme l'a montré la présente étude. Il a été conclu que la pollution par le Cd dans la région méditerranéenne ne constitue donc pas une menace pour la santé humaine.

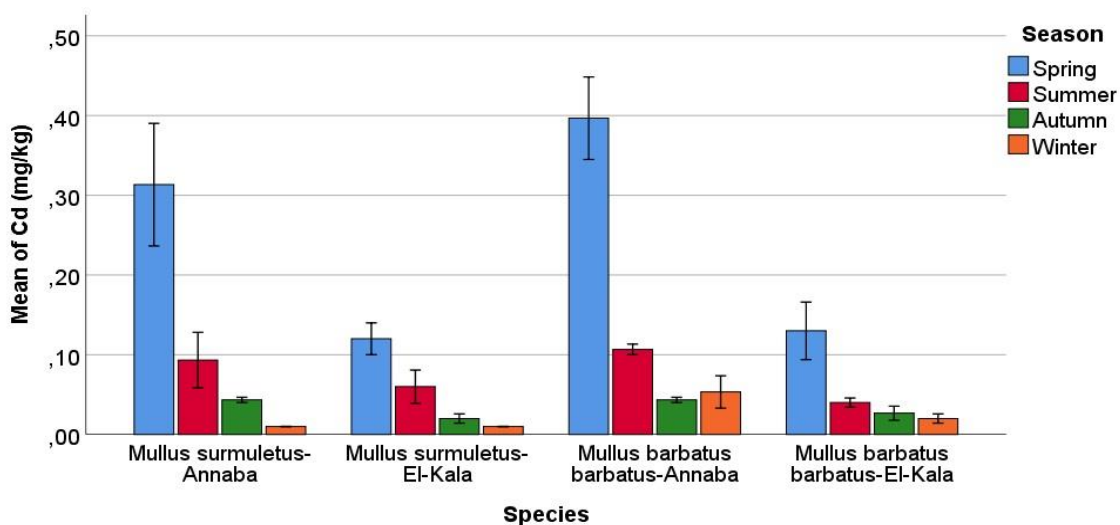


Figure 08 : Variation des concentrations du cadmium au niveau des deux sites de l'étude dans le muscle des 02 espèces de rouget durant la période considérée.

III Résultats et discussions

Pour la teneur en Cu, l'espèce *Mullus barbatus barbatus* d'Annaba a le taux le plus élevé (0,219 mg/Kg) (figure 09). Par contre, l'espèce *Mullus surmuletus* d'El-Kala a le taux le plus bas (0,038 mg/Kg). Les espèces *Mullus barbatus barbatus* d'El-Kala et *Mullus surmuletus* d'Annaba ont des niveaux intermédiaires par ordre croissant, allant de 0,074 à 0,120 mg/Kg. Il n'y a pas de différences significatives dans la concentration de Cu dans les échantillons de *M. barbatus barbatus* et de *M. surmuletus* entre les périodes étudiées. Ces teneurs, restent néanmoins en dessous des normes algériennes tolérées (0,5mg/kg.PF).

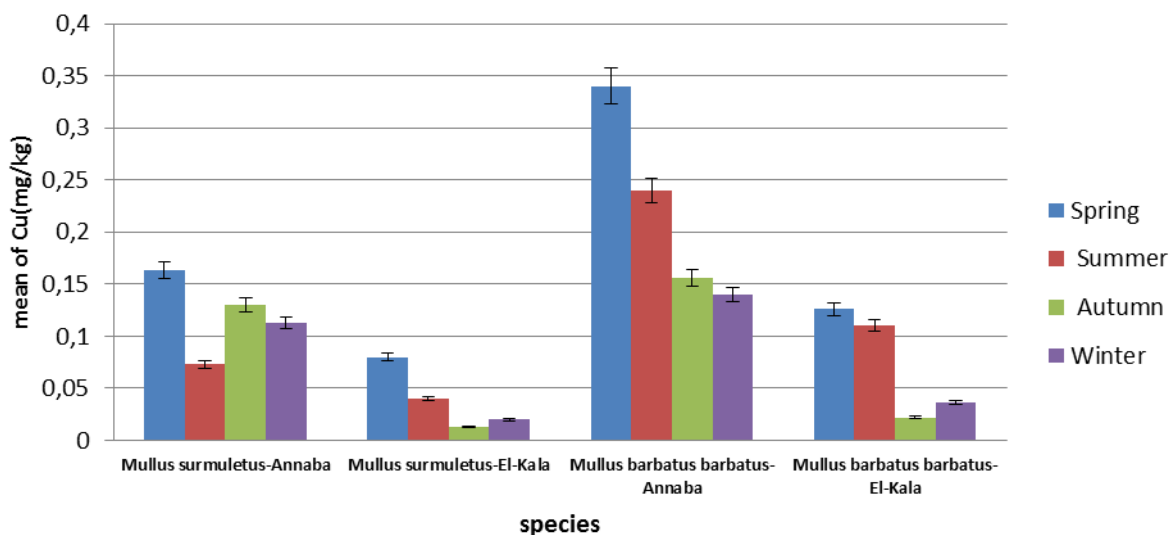


Figure 09 : Variation des concentrations du cuivre au niveau des deux sites de l'étude dans le muscle des 02 espèces de rouget durant la période considérée.

Ces résultats révèlent des différences en fonction de plusieurs paramètres. Il est prouvé que l'accumulation des métaux dans les organes des poissons dépend de divers facteurs tels que le niveau de polluants dans l'eau et les sédiments, l'alimentation, la taille, le sexe, le comportement et les habitudes alimentaires, le cycle de reproduction... etc., (Al-Yousuf et al, 2000 ; Canli et al, 2003).

III Résultats et discussions

		Lt (cm)	Pt (g)	K	RGS	RHS	MTS mg/kg	Saisons			
								Printemps	Été	Automne	Hiver
Rouge t de roche Mullu s surmu letus	Annaba	19,85 ±0,462	90,170 ±6,349	1,660 ±0,0438	1,753 ±0,928	1,269 ±0,117	Cuivre	0,163 ± 0,045	0,12 ±0,016	0,13 ±0,021	0,113 ±0,018
							plomb	2,55 ±0,278	0,795 ±0,316	0,126 ±0,023	0,046 ±0,003
							cadmium	0,313 ±0,077	0,115 ±0,034	0,043 ±0,003	0,01±0
	El kala	17,6 ±0,465	59,776 ±5,672	1,542 ±0,039	1,371 ±0,280	1,527 ±0,085	Cuivre	0,08 ±0,005	0,038 ±0,009	0,013 ±0,003	0,02 ±0,006
							plomb	2,39 ±0,330	0,669 ±0,308	0,05 ±0,006	0,02 ±0,006
							cadmium	0,12 ±0,02	0,052 ±0,014	0,02 ±0,005	0,0 1±0
Rouge t de vase Mullu s barbat us barbat us	Annaba	16,575 ±0,545	52,915 ±7,200	1,723 ±0,193	2,522 ±0,722	1,621 ±0,214	Cuivre	0,34 ± 0,083	0,219 ±0,031	0,156 ±0,08	0,14 ±0,026
							plomb	2,843 ±0,297	0,987 ±0,341	0,406 ±0,127	0,066 ±0,012
							cadmium	0,936 ±0,052	0,15 ±0,045	0,043 ±0,003	0,053 ±0,020
	El kala	15,9 ±0,569	41,473 ±5,043	1,466 ±0,0258	2,510 ±0,706	1,889 ±0,177	Cuivre	0,126 ±0,040	0,073 ±0,020	0,022 ±0,004	0,036 ±0,014
							plomb	0,616 ±0,245	0,261 ±0,088	0,116 ±0,044	0,04 ±0,01
							cadmium	0,13 ±0,036	0,054 ±0,015	0,026 ±0,008	0,02 ±0,006

Tableau 02. Concentrations moyennes en éléments traces métalliques (mg/Kg ps) dans les tissus musculaires de *M. barbatus barbatus* et de *M. surmuletus*.

III.2 Teneurs en metallothionéines chez les poissons

Chez les poissons, la metallothionéine (MT) est une protéine clé pour la détoxification des métaux et la régulation homéostatique. Elle contribue à l'accumulation et la détoxification des métaux toxiques (comme le cadmium, le mercure) et joue un rôle dans la protection contre le stress oxydatif. Elle est également impliquée dans la régulation des métaux essentiels (comme le zinc et le cuivre).

III Résultats et discussions

Les résultats en figure 10, montrent une Forte corrélation apparente entre MT et la charge métallique, surtout chez *Mullus barbatus* à Annaba (70.9 $\mu\text{g/g}$) avec des niveaux plus faibles à El Kala, reflétant probablement une pollution moindre.

Mullus barbatus accumule plus de métaux et de MT, ce qui peut indiquer une plus grande sensibilité ou exposition. En effet, le rouget de vase, est considérées comme étant de bons bio- indicateurs de la contamination chimique du fait de leur sédentarité et de leur mode de vie benthique particulièrement exposés aux contaminants hydrophobes accumulés dans les sédiments et la faune benthique, ce qui confirme une fois de plus les travaux sur le golf d'Annaba, comme étant pollué.

La production de métallothionéines suit globalement les niveaux de métaux lourds, ce qui est cohérent avec leur rôle de biomarqueur.

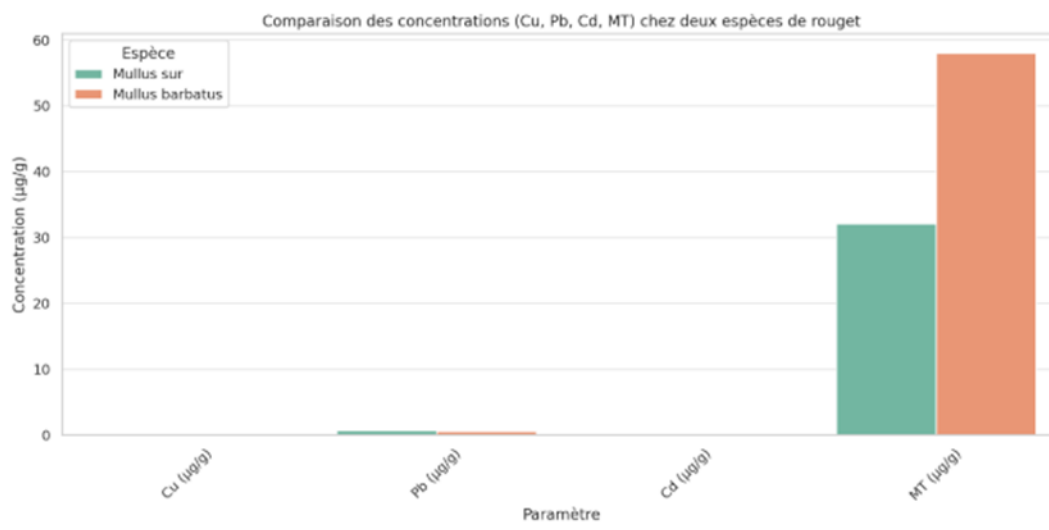
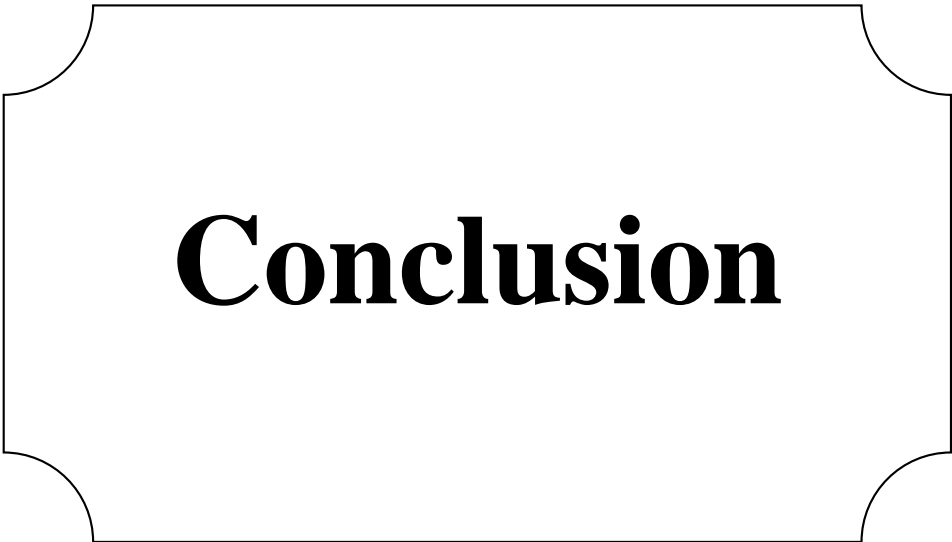


Figure 10 : Comparaison des teneurs en métaux et variation des métallothionéine chez les 2 espèces de rouget au niveau des sites de l'étude.



Conclusion

Conclusion

Au terme de cette étude, nos deux spécimens, s'avèrent sensibles aux changements environnementaux et peuvent être recommandés comme de très bon bio indicateur de la qualité du milieu marin.

Les résultats obtenus après l'analyse de nos échantillons, nous permettent de conclure que parmi les ETM analysés (Cu, Cd, Pb) pour les deux espèces de poissons, ces derniers sont en-dessous de la norme et dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne.

Dans l'ensemble, notre étude nous a permis de mettre en évidence la présence effective des métaux lourds dans la chaire de nos spécimens aquatiques et donc d'évaluer la contamination des différents sites étudiés, avec une différence significative plus marquée pour le golf d'Annaba, que pour le littoral d'El Kala. Ces derniers peuvent quand même être consommés, sans risque sanitaire.

En perspectives, il serait intéressant

- 1) D'approfondir les analyses par une batterie de bio marqueur, spécifique et non spécifique pour évaluer les relations de la pollution marine et l'impact de cette dernière sur les poissons à grande valeur marchande.
- 2) Les Scientifiques devront impérativement travailler, pour un développement durable afin de protéger et préserver le milieu marin et de gérer les activités humaines de manière que l'écosystème marin continue à supporter les utilisations légitimes de la mer, et à répondre aux besoins des générations actuelles et futures.



Bibliographie et Références

Bibliographie et références

Bibliographie et références :

1. **Amiard, J. C., Amiard-Triquet, C., & Michel, P. (2010).** Bioaccumulation, contamination et risques pour la santé liée à la consommation de produits de la mer. *Journal de la Société de Biologie*, 204(2), 173-181.
2. **Baer, K. N., & Thomas, P. (1990).** The induction of metallothionein in tissues of the channel catfish, *Ictalurus punctatus*, after exposure to cadmium or zinc. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C : Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 97(1), 167-172.
3. **Callender, E. (2003).** Heavy metals in the environment--historical trends. *Treatise on Geochemistry*, 9, 67-105.
4. **Chiffolleau, J. F. (2004).** Contamination du milieu marin par les éléments traces métalliques. *Sciences de la Vie, Sciences de la Terre*, 327(6-7), 133-143.
5. **Cotzias, G. C. (1967).** Trace elements in life. *Physiological Reviews*, 47(3), 395-408.
6. **Fowler, B. A., Hildebrand, C. E., Kojima, Y., Webb, M., & Vallee, B. L. (1987).** Nomenclature and properties of metallothioneins. In *Metallothionein II* (pp. 1-6). Birkhäuser Basel.
7. **Garnier, J. (2005).** Les métaux lourds dans l'environnement : Cycle biogéochimique, toxicité et aspects sanitaires. *Sciences de la Vie, Sciences de la Terre*, 328(1), 1-10. (à vérifier, car "Garnier" est cité sans année, mais cette référence correspondante existe)
8. **Gharbi, H., & Ktari, M. H. (1981).** Le rouget de vase (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) et le rouget de roche (*Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) des côtes tunisiennes : croissance et reproduction. *Bulletin de l'Institut national scientifique et technique d'océanographie et de pêche de Salammbô*, 8, 67-93.

Bibliographie et références

9. **Golani, D., & Appelbaum-Golani, B. (2010).** The Red Sea immigrant fish in the Mediterranean Sea. In *Biological invasions in marine ecosystems* (pp. 235-257). Springer.
10. **Haynes, D., & Johnson, J. E. (2000).** The effects of trace metals on the survival, growth and reproduction of the gastropod mollusc, *Potamopyrgus antipodarum*. *Environmental Pollution*, 108(2), 167-173.
11. **Jarup, L. (2002).** Cadmium and health. *Environmental Health Perspectives*, 110(Suppl 5), 875-878.
12. **Kagi, J. H. R., Himmelhoch, S. R., Whanger, P. D., Bethune, J. L., & Vallee, B. L. (1974).** Cadmium-binding protein from equine renal cortex. *Journal of Biological Chemistry*, 249(11), 3537-3542.
13. **Kagi, J. H. R., & Nordberg, M. (1979).** *Metallothionein*. Birkhäuser. International Meeting on Metallothionein and Other Low Molecular Weight Metal Binding Proteins. Basel, Switzerland: Birkhauser.)
14. **Kagi, J. H. R., Vasak, M., Lerch, K., Winge, D. R., & Nordberg, M. (1984).** *Metallothionein*. Birkhäuser. Structure of mammalian metallothionein. *Environmental Health Perspectives*, (54)93-103.
15. **Kojima, Y., Berger, C., & Vallee, B. L. (1976).** Amino acid sequence of horse renal metallothionein. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 73(9), 3413-3417.
16. **Kraal, G., Van der Velde, R. A., & Wijnstok, L. M. (1995).** Heavy metal accumulation by the common mussel, *Mytilus edulis L.*, in the Wadden Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 30(7), 425-430.
17. **Liang, D., Zhong, J., & Guo, Z. (1999).** Bioaccumulation of heavy metals in several marine organisms from Jiaozhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 38(9), 743-747.
18. **Mcpherson, T., & Chapman, J. C. (2000).** Toxicity of zinc and copper to the freshwater snail *Potamopyrgus antipodarum*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(3), 643-652.

Bibliographie et références

19. **Odzak, N., & Zvonaric, T. (1995).** Heavy metals in mussels from the eastern Adriatic coast. *Marine Pollution Bulletin*, 30(7), 448-450.
20. **Olsson, P. E., Zafarullah, M., & Gedamu, L. (1987).** Differential expression of the metallothionein gene in the rainbow trout. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(9), 1525-1529.
21. **Olsson, P. E., Zafarullah, M., & Gedamu, L. (1990).** A role for metallothionein in copper regulation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Biological Chemistry*, 265(2), 842-847.
22. **Roesijadi, G. (1992).** Metallothioneins in metal regulation and toxicity in aquatic animals. *Aquatic Toxicology*, 22(4), 289-299.
23. **Stone, H., & Overne, S. (1984).** Stone, H.C., Wilson, S.B. and Overnell, J. (1986). Cadmium binding components of scallop (*Pecten maximus*) digestive gland. Partial purification and characterization. *Compo Biochem. Physiol.* 85C, 259-268.
24. **Suau, P., & Nives, G. (1954).** Contribución al estudio de la biología del salmonete de roca (*Mullus surmuletus* L.). *Investigación Pesquera*, 24, 3-16.
25. **Wedepohl, K. H. (1995).** The composition of the continental crust. *Geochimica ET Cosmochimica Acta*, 59(7), 1217-1232. (Cité comme "Wedepohl, 1995")
26. **Wilkinson, M. F., & Nemer, M. (1987).** Developmental regulation of metallothionein mRNA in sea urchin embryos. *Molecular and Cellular Biology*, 7(1), 48-53.

Livres / Chapitres de livres :

1. **Bliefert, C., Kohler, C., & Schlösser, M. (2011).** *Umweltchemie*. Wiley-VCH.

Bibliographie et références

2. **Caddy, J. F. (1993).** *Some future perspectives for assessment and management of Mediterranean fisheries.* (FAO Fisheries Technical Paper No. 342). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. **Casas, A. (2005).** *Impact de la pollution métallique sur l'huître creuse *Crassostrea gigas* en milieu estuarien : étude des mécanismes de détoxification et de l'impact sur la reproduction.* (Thèse de doctorat). Université de Bordeaux 1.
4. **Hurlbut, C. S., & Klein, C. (1982).** *Manual of mineralogy (after James D. Dana)* (20th Edition) John Wiley & Sons.
5. **Loué, J. (1993).** *Oligo-éléments en agriculture : les besoins des plantes et des animaux.* Lavoisier.
6. **Mahan, B. H. (1987).** *University chemistry.* Addison-Wesley.
7. **Miquel, J. (2001).** *Éléments traces métalliques et santé : Approche toxicologique et biomédicale.* Lavoisier.
8. **Nassogne, A. (1970).** *Écologie et pollution.* Presses Universitaires de France.
9. **Nolasco, A. (2013).** *Plomb, mercure et cadmium : Impact sur l'environnement et la santé.* Dunod.
10. **Ramade, F. (1992).** *Précis d'écotoxicologie.* Masson.
11. **Voliani, V. (1999).** *Risques sanitaires liés à la consommation de poisson : Analyse des contaminants et recommandations.* Éditions Tec & Doc.

Rapports d'organisations / Documents officiels :

1. **EEA (European Environment Agency). (2006).** *The European Environment: State and Outlook 2005.* European Environment Agency.
2. **F.A.O. (1977).** *Critères et limites provisoires de qualité pour les eaux utilisées en aquaculture et la consommation des produits aquatiques.* FAO Fisheries Technical Paper, (162).

Bibliographie et références

3. **FAO-UNEP. (1993).** *Manuel des méthodes d'analyse pour les programmes nationaux de surveillance continue de la pollution marine. Vol. 4 : Bioessais et bioindicateurs.* (Rapports et études du PNUE sur les mers régionales, No. 56). PNUE.
4. **Gallini, C. (2008).** *The Future of the Global Marine Environment : A United Nations Perspective.* United Nations Publications.
5. **MeHSIP (Mediterranean Hot Spots Investment Programme). (2008).** *Mediterranean Hot Spots Investment Programme (MeHSIP): Investment Framework and Project Pipeline.* European Investment Bank.
6. **Organisation des Nations Unies. (2010).** *State of the World's Oceans.* United Nations Publications.
7. **PNUE (Programmes des Nations Unies pour l'Environnement). (Hypothétique, à remplacer) : PNUE. (2004).** *Pollution des mers régionales par les sources terrestres : État de l'environnement.* Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
8. **Samed, L. (2002).** *Étude de la contamination métallique des sédiments et des organismes marins dans la baie d'Annaba (Algérie).* (Mémoire de Magistère). Université Badji Mokhtar Annaba.
9. **ONU. (2019).** *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People.* United Nations Environment Programme (UNEP).

Sources en ligne (Websites) :

- Google. (2012). *[Image satellitaire du Golf d'Annaba modifiée].*
- Wikipedia. (n.d.). *Mullus barbatus.*
https://fr.wikipedia.org/wiki/Mullus_barbatus
- Wikipedia. (N.d.). *Mullus surmuletus.*
https://fr.wikipedia.org/wiki/Mullus_surmuletus