

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Ecologie Animale

Présenté par :

M^{elle} Taibi Sihem

M^{elle} Reguieg Asma

Thème

**Evaluation de la bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons
dulçaquicoles de barrage Bougara Tiaret**

Soutenu publiquement le 28/09/2021

Jury :

Présidente : Dr. Zerrouki Dahbia

Examineur : Dr. Chafaa Meriem

Encadrant : Dr. Soudani Leila

Grade

MCA

MCA

MCB

Année universitaire 2020-2021

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements et nos vives reconnaissances à notre promotrice **SUDANI LEILA**, on la remercie pour ses conseils et pour sa lecture attentive du manuscrit malgré son emploi du temps très chargé. Nous voudrions surtout la remercier pour l'esprit de tolérance avec lequel elle a dirigé ce travail, aussi la remercier parce qu'elle a cru en nous et elle a accepté en toute modestie d'être notre promotrice.

On adresse notre gratitude à madame **ZERROUKI DAHBIA**, d'avoir accepté de présider le jury de notre mémoire.

On remercie également madame **CHAFAA MERIEM**, d'avoir accepté d'examiner ce travail et participer au jury de mémoire.

Notre travail au laboratoire d'écologie animale aurait été pénible sans l'aide des techniciens et ingénieurs : Monsieur **MAAROUF KHALED** et Madame **MAROUANE ELHADJA**.

Nous adressons nos vifs remerciements et nos sincères gratitudees à Monsieur **DAHMANI WALID**.

Notre sincère remerciement pour Monsieur le directeur du Barrage Bougara et Monsieur Le directeur de DRH de Tissemsilt.

Enfin, je remercie tous ceux qui participer à la réalisation de ce mémoire, de près ou de loin, par un mot ou par un geste, je vous remercie infiniment.

MERCI

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail,

À la personne la plus importante de ma vie, celle qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse et m'a montré le chemin pour être forte et ne jamais baisser les bras devant les difficultés, à toi ma princesse, à ma maman YAMINA qui j'adore.

À la mémoire de mon cher père **ABDELKADER**, j'aurais tant aimé que tu sois présent à mes côtés en ce jour pour et voir que tu es fière de moi.

À ma petite sœur adoré **DJAHIDA** qui savent toujours comment me remonter le moral, et à mes petites frères chéri **AYMEN** et **MOHAMED** qui ont le don de me faire sourire, que vous protégez tous.

A mes oncles, tantes, cousins et cousines, pour votre courtoisie, votre sympathie et votre solidarité à mon égard.

Et à tous mes amis qui j'aime : **SOUSA, ASMA, IKHLAS, WIDAD, RAZIKA.**

À Toute la promotion d'Ecologie animale (2020/2021) sans exception.

SIHEM

Dédicace

J'ai l'honneur de dédie ce travail

A

Mon très cher père BOUZIANE pour ces sacrifices et son soutien tout au long de ma vie ;

A

La mémoire de ma mère KHADRA qui a gardé une place dans mon cœur et que dieu le bénisse dans son vaste paradis ;

Mes sœurs : MBARKA, NACIRA, FARIDA, AMINA, HALOMA, SORIYA, MARWOUA, SOUMIA et mon frère MOHAMED qui je souhaite une vie pleine de bonheur, de santé et de réussite ;

Mes chers (es) amis (es) : KHADRA, ASMA, WIDAD, WISSEM, IKHLAS, HANANE, AMEL avec lesquels j'ai partagé des moments inoubliables ;

A Ma binôme Sihem et sa famille

ASMA

Table de matières

| | |
|-----------------------------|-----|
| Liste des Figures----- | I |
| Liste des Tableaux----- | II |
| Liste des Abréviations----- | III |
| Introduction----- | 1 |

Partie I: Synthèse Bibliographique

Chapitre I: Pollution des eaux

| | |
|--|---|
| I.1. Généralité sur les eaux douces ----- | 5 |
| I.2. Définition de la pollution des eaux ----- | 6 |
| I.3. Origine de la pollution----- | 6 |
| I.3.1. Pollution domestique ----- | 6 |
| I.3.2. Pollution industrielle----- | 7 |
| I.3.3. Pollution agricole ----- | 7 |
| I.3.4. Pollution naturelle----- | 7 |
| I.4. Types de pollution ----- | 7 |
| I.4.1. Pollution physique ----- | 7 |
| I.4.2. Pollution chimique ----- | 7 |
| I.4.3. Pollution biologique ----- | 8 |
| I.5. Impact de pollution des eaux ----- | 8 |
| I.5.1. Impact sur l'environnement ----- | 8 |
| I.5.2. Impact sur la santé humaine ----- | 8 |

Chapitre II : Métaux lourds et poissons : Accumulation, Tolérance et Toxicité

| | |
|---|----|
| II.1. Définition----- | 11 |
| II.2. Origine des métaux lourds ----- | 12 |
| II.2.1. Sources naturelles ----- | 12 |
| II.2.2. Sources Anthropique ----- | 12 |
| II.3. Principales propriétés physico-chimiques des ETM----- | 13 |
| II.3.1. Solubilité ----- | 13 |
| II.3.2. Volatilité----- | 13 |
| II.3.3. Stabilité ----- | 14 |
| II.4. Cycle des métaux dans l'environnement----- | 14 |
| II.5. Contamination de l'eau ----- | 16 |
| II.6. Impact des métaux lourds sur la santé humaine----- | 16 |
| II.7. Effets des métaux lourds sur la vie aquatique ----- | 18 |
| II.8. Bioaccumulation des métaux lourds ----- | 18 |
| II.8.1. Assimilation----- | 18 |
| II.8.2. Bioconcentration ----- | 19 |
| II.8.3. Bioamplification----- | 19 |
| II.9. Accumulation préférentielle des métaux dans les divers organes de poisson ----- | 19 |
| II.9.1. Branchies ----- | 20 |
| II.9.2. Foie et Muscles ----- | 20 |

| | |
|---|----|
| II.10. Biosurveillance des milieux aquatiques ----- | 20 |
| II.10.1. Utilisation des poissons bio accumultrices ----- | 20 |
| II.10.2. Double aspect du poisson : indicateurs et vecteurs ----- | 21 |
| II.10.2.1. Excellent indicateur de pollution ----- | 21 |
| II.10.2.2. Vecteur de contamination ----- | 21 |
| II.10.3. Avantages et inconvénients des poissons dans la bio surveillance ----- | 22 |

Partie II: Partie expérimentale

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

| | |
|--|----|
| I.1. Localisation géographique ----- | 25 |
| I.2. Localisation administrative ----- | 26 |
| I.3. Retenue ----- | 27 |
| I.4. Aperçu géologique et géomorphologique ----- | 28 |
| I.5. Aperçu pédologique ----- | 28 |
| I.6. Aperçu hydrologique ----- | 28 |
| I.7. Aperçu climatique ----- | 29 |
| I.7.1. Température ----- | 29 |
| I.7.2. Précipitation ----- | 30 |
| I.7.3. Vent ----- | 30 |
| I.7.4. Gelée ----- | 30 |
| I.7.5. Neige ----- | 30 |
| I.7.6. Diagramme ombrothermique De Bagnouls Et Gausson ----- | 30 |
| I.7.7. Climagramme d'EMBERGER ----- | 31 |

Chapitre II: Matériel et Méthodes

| | |
|---|----|
| II.1. Matériel animal ----- | 34 |
| II.1.1. Choix de l'espèce ----- | 34 |
| II.1.2. Description de l'espèce étudiée ----- | 34 |
| II.1.3. Position systématique ----- | 35 |
| II.1.4. Répartition géographique ----- | 36 |
| II.1.5. Régime alimentaire ----- | 36 |
| II.1.6. Ecologie et habitat ----- | 37 |
| II.1.7. Reproduction ----- | 37 |
| II.2. Echantillonnage ----- | 37 |
| II.2.1. Prélèvement des échantillons ----- | 38 |
| II.3. Paramètre étudié ----- | 38 |
| II.3.1. Age ----- | 38 |
| II.3.1.1. Prélèvement des écailles ----- | 38 |
| II.3.1.2. Lecteur des écailles ----- | 39 |
| II.3.2. Etude biométrique ----- | 40 |
| II.4. Dissection ----- | 41 |
| II.4.1. Organe à cibler ----- | 42 |
| II.5. Dosage des métaux ----- | 42 |
| II.5.1. Principe ----- | 42 |
| II.5.2. Minéralisation ----- | 43 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| II.5.3. Préparation des essais ----- | 43 |
| II.5.4. Méthode d'analyse ----- | 43 |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | |
|--|-----------|
| III.1. Etude Biométrique ----- | 45 |
| III.2. Teneurs des métaux lourds (Pb et Cd) dans le foie et le muscle des poissons ----- | 45 |
| III.2.1. plomb ----- | 46 |
| III.2.2. Cadmium ----- | 47 |
| III.3. Comparaison avec les normes OMS----- | 48 |
| III.4. Effet des paramètres physiologiques sur la bioaccumulation----- | 49 |
| III.4.1. Effet sur le plomb ----- | 49 |
| III.4.2. Effet sur le cadmium----- | 52 |
| Discussion ----- | 56 |
| Conclusion ----- | 61 |
| Références bibliographiques | |

LISTE ES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Classification périodique des éléments métalliques analysée ----- | 11 |
| Figure 2: Cycle biogéochimique des métaux lourds ----- | 15 |
| Figure 3: Répartition des métaux dans le corps humain ----- | 17 |
| Figure 4 : Localisation géographique du barrage Bougara-Tiaret ----- | 25 |
| Figure 5: Barrage Bougara ----- | 26 |
| Figure 6 : Diagramme ombrothermique de la zone d'étude ----- | 31 |
| Figure 7 : Climagramme d'Emberger ----- | 32 |
| Figure 8 : Vue latérale de la carpe commune (<i>Cyprinus carpio</i>) ----- | 35 |
| Figure 9 : Zone de prélèvement des écailles ----- | 38 |
| Figure 10 : Différentes parties d'une écaille ----- | 39 |
| Figure 11 : Longueurs mesurée de poisson ----- | 40 |
| Figure 12 : Détermination du poids ----- | 41 |
| Figure 13 : Enlèvement des écailles ----- | 42 |
| Figure 14 : Concentrations du Pb dans le foie et le muscle de <i>Cyprinus Carpio</i> ----- | 46 |
| Figure 15 : Concentrations de Cd dans le foie et le muscle de <i>Cyprinus Carpio</i> .----- | 47 |
| Figure 16 : Comparaison des teneurs en métaux lourds (Pb et Cd) chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 48 |
| Figure 17 : Evolution des teneurs en Pb dans le foie en fonction de l'âge chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 49 |
| Figure 18 : Evolution des teneurs en Pb dans le foie en fonction de taille chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 50 |
| Figure 19 : Evolution des teneurs en Pb dans le foie en fonction de poids chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 50 |
| Figure 20 : Evolution des teneurs en Pb dans le muscle en fonction de l'âge chez <i>Cyprinus carpio</i> - | 51 |
| Figure 21 : Evolution des teneurs en Pb dans le muscle en fonction de taille chez <i>Cyprinus carpio</i> -- | 52 |
| Figure 22 : Evolution des teneurs en Pb dans le muscle en fonction de poids chez <i>Cyprinus carpio</i> -- | 52 |
| Figure 23 : Evolution des teneurs en Cd dans le foie en fonction de l'âge chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 53 |
| Figure 24 : Evolution des teneurs en Cd dans le foie en fonction de taille chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 53 |
| Figure 25 : Evolution des teneurs en Cd dans le foie en fonction de poids chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 54 |
| Figure 26 : Evolution des teneurs en Cd dans le muscle en fonction de l'âge chez <i>Cyprinus carpio</i> - | 55 |
| Figure 27 : Evolution des teneurs en Cd dans le muscle en fonction de taille chez <i>Cyprinus carpio</i> - | 55 |
| Figure 28 : Evolution des teneurs en Cd dans le muscle en fonction de poids chez <i>Cyprinus carpio</i> - | 56 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Richesse spécifique relative des écosystèmes eaux douces, marins et terrestres ----- | 6 |
| Tableau 2 : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement ----- | 13 |
| Tableau 3 : Principaux effets des métaux lourds ----- | 18 |
| Tableau 4 : Superficie et portion des communes situées dans le sous bassin versant du barrage Bougara----- | 27 |
| Tableau 5 : Relevée climatiques de la station d'Ain Bouchakif Tiaret (2010-2020)----- | 29 |
| Tableau 6 : Jours de pêche des poissons . ----- | 37 |
| Tableau 7 : Caractéristiques biométriques des espèces de poisson étudié ----- | 45 |
| Tableau 8 : Teneurs moyennes du plomb et du cadmium dans le foie et le muscle de <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 46 |
| Tableau 9 : Test de comparaison entre les concentrations du Pb dans le foie et le muscle chez <i>Cyprinus carpio</i> .----- | 47 |
| Tableau 10 : Test de comparaison entre les concentrations du Cd dans le foie et le muscle chez <i>Cyprinus carpio</i> ----- | 48 |

LISTE DES ABREVIATION

| | |
|------------------------|---|
| ADE : | Agence de l'eau |
| ANBT : | Agence national des barrages et transferts |
| Cd : | Cadmium |
| CERTU : | Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques |
| D.H.W : | Direction de l'hydraulique de la wilaya |
| ETM : | Eléments traces métalliques |
| FAQ : | Frequently Asked Questions |
| FEPS : | Fondation for European Progressive Studies |
| ONEMA : | Office national de l'eau et des milieux aquatiques |
| Pb : | Plomb |
| pH : | potentiel hydrogène |
| PRCP : | Précipitation |
| Q₂ : | Quotient pluviométrique |
| RN : | Route national |
| UICN : | Union internationale pour la conservation de la nature |
| UTM : | Transverse universelle de Mercator |

Introduction

Introduction

Les problèmes posés par la dispersion des polluants dans l'environnement suscitent l'intérêt de la communauté scientifique depuis un certain nombre d'années. En effet, la protection de l'environnement a lieu grâce à la connaissance du destin de ces polluants dans l'environnement et de leurs effets sur les écosystèmes aquatiques (**Atolage et Arenu, 2007**).

Parmi les contaminants majeurs de l'environnement est la contamination par les métaux lourds qui est considérée comme un problème écologique sérieux, compte tenu par leurs toxicités et leur bioaccumulation potentielle dans plusieurs espèces aquatiques, induisant des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique (**Barnabas et Carl, 2009**).

La pollution par les métaux lourds, comme toutes les autres pollutions (pesticides, organochlorés, organophosphorés, d'hydrocarbures pétroliers, déchets nucléaires) représente actuellement un facteur toxicologique important, dont les conséquences sur les organismes aquatiques qui peuvent affecter la vie aquatique, depuis les producteurs primaires ; le danger de contamination s'amplifie au fur et à mesure que l'on monte à travers les maillons des chaînes trophiques (**Dione, 2018**).

Il s'est avéré que les poissons sont des vecteurs de contamination aux métaux lourds chez l'homme, de sorte que certaines espèces servent aujourd'hui d'outils biologiques à l'évaluation de la pollution des eaux par les métaux lourds. Il n'est pas donc surprenant que de nombreuses études aient été menées sur ce type de pollution chez les différentes espèces de poissons. Effectivement, les organismes aquatiques en particulier les poissons sont capables grâce à leur métabolisme d'accumuler des éléments contaminants de l'environnement dans certains de leurs organes (**Chaffai, 1993**).

Les métaux lourds s'accumuleront dans la peau, les branchies, les intestins, le foie, les reins et d'autres organes du poisson, causant des dommages physiologiques et internes au corps du poisson (**Ali, 2021**).

L'accumulation des métaux lourds dans ces compartiments peut résulter à la suite de sérieux changements écologiques. L'une des causes sérieuses de leur persistance est la bioamplification de ces métaux dans la chaîne alimentaire (**Unlu et Gumgum, 1993**).

D'après Chen et *al.*, (2000), les métaux qui sont transférés à travers le milieu aquatique aux poissons, aux hommes et autres animaux piscivores, peuvent avoir des impacts sur l'environnement et la santé humaine.

Cyprinus carpio est une espèce introduite en Algérie et sa première introduction remonte à 1860, depuis cette date plusieurs actions de repeuplement des lacs et des barrages d'Algérie ont été enregistrées dans le cadre du programme national d'introduction des espèces exotiques (Askri et *al.*, 2013).

L'objectif de ce travail est d'étudier le pouvoir accumulateur du *Cyprinus carpio* des métaux lourds et déterminer également le degré de pollution de l'eau du barrage de Bougara, afin qu'elles puissent être utilisées dans le programme de surveillance biologique des eaux polluées.

Le mémoire est présenté en deux parties principales : la première partie bibliographique et l'autre expérimentale.

La première partie est subdivisée en deux chapitres :

- Le premier chapitre traite les eaux douces, la pollution des eaux, l'origine et les types de pollution des eaux et son impact sur l'environnement et sur la santé humaine.
- Le deuxième chapitre sur les métaux lourds : définition, origine, principale propriété et son cycle dans l'environnement, la contamination de l'eau, la toxicité des métaux lourds et leur effet sur la santé humaine et sur la vie aquatique, et enfin la notion des bioaccumulations et de Biosurveillance.

La deuxième partie traitera :

- ❖ Les caractéristiques pédologique, hydrologique, Géologique, climatique du barrage Bougara ;
- ❖ La méthodologie de travail ;
- ❖ La présentation de nos résultats et de leur discussion.

Enfin ce travail est achevé par une conclusion générale.

Synthèse

Bibliographique

Chapitre I :
Pollution des eaux

I.1. Généralité sur les eaux douces

Selon l'UICN (2015), les eaux douces sont les eaux qui contiennent des quantités minimales de sels minéraux, réparties sur les terres émergées. Au niveau mondial, les eaux douces ne représentent en volume que 2,8 % des eaux mondiales, le reste étant salé. Trois-quarts de ces eaux douces sont sous forme de glaces et de neiges permanentes et un quart constituent l'eau disponible (eau en surface et dans l'atmosphère, nappes souterraines). Elles sont d'une importance capitale pour la vie et le fonctionnement des écosystèmes.

Les écosystèmes d'eau douce sont composés des milieux humides non salés ainsi que des eaux souterraines. Elles regroupent :

- ❖ Les eaux de surface courantes (rivières, fleuves, cours d'eau, chenaux d'écoulement des eaux) ;
- ❖ Les eaux de surface stagnantes ;
- ❖ Les eaux souterraines (**Ramade, 2002**).

Parmi les plantes liées aux systèmes d'eau douce, deux grandes catégories sont reconnues :

- ❖ Les plantes aquatiques ou hydrophytes qui vivent dans l'eau, dont les tiges et feuilles sont entièrement submergées, ou flottantes (nénuphars, myriophylles, élodées, renoncules aquatiques...);
- ❖ Les plantes herbacées semi-aquatiques ou héliphytes qui vivent dans les eaux de surface stagnantes, alternativement immergées et émergées (roseaux, joncs, laïches, baldingère, faux roseau, massettes...).

Pour leur part, les espèces animales dulçaquicoles ont besoin de l'eau pour réaliser leur cycle biologique soit de manière permanente (poissons, crustacés, mollusques...), soit ponctuelle (amphibiens, insectes...) ou bien pour se nourrir et s'abriter (oiseaux d'eau, reptiles, mammifères). Les milieux humides constituent des étapes migratoires, des lieux de reproduction ou d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques et de poissons (**ONEMA, 2012**).

Il est généralement admis que globalement la richesse relative en espèces végétales et animales (**Tab1**) est plus élevée dans les milieux dulçaquicoles que dans les écosystèmes terrestres et marins (**Barnaud et Hervio, 2002**).

Tableau 1 : Richesse spécifique relative des écosystèmes eaux douces, marins et terrestres (**Revenga et al., 2000**).

| Ecosystèmes | Superficie (par rapport à l'ensemble de la planète) | Diversité par rapport aux espèces connues (a) | Richesse relative en espèces (b) |
|--------------------|---|---|----------------------------------|
| Eaux douces | 0,8 % | 2,4 % | 3 |
| Milieux terrestres | 28,4 % | 77,5 % | 2,7 |
| Milieux marins | 70,8 % | 14,7 % | 0,2 |

(a) Somme différente de 100 % en raison de l'exclusion de 5,3 % espèces symbiotiques.

(b) Rapport du % d'espèces connues sur le % de superficie occupée par l'écosystème.

I.2. Définition de la pollution des eaux

La FEPS (2004), a défini « la pollution des eaux par plusieurs manières. Elle survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité, et modifient ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Dit différemment, n'importe quoi qui est ajouté à l'eau, qui est plus que l'eau peut décomposer, est la pollution ».

La pollution de l'eau est tout changement chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui aura des effets nocifs sur les organismes qui la consomment. Lorsque les humains boivent de l'eau contaminée, cela a généralement de graves conséquences sur leur santé (**FAQ, 1998**).

I.3. Origine de la pollution

Suivant l'origine de substances polluantes, nous distinguons :

I.3.1. Pollution domestique

Cette pollution provenant des habitations. Elle est résulté des usages de l'eau par les ménages. Elle comprend les eaux vannes (toilettes) et les eaux ménagères et se compose surtout de pollution organique (matières fécales, urines, graisses, déchets organiques, ...), microbiologique ('microbes' dans les eaux vannes principalement) et chimique (détergents, produits domestiques divers, ...) (**Pedoya, 1993**).

I.3.2. Pollution industrielle

Elle est caractérisée par une très grande diversité. Elle peut se composer principalement de déchets organiques (industrie agro-alimentaire), mais également de multiples polluants chimiques tels que les hydrocarbures, les métaux lourds, de dissolvants, de produits azotés (industrie des engrais.) qui résultent aux différents types d'activités industrielles (Barré, 2005).

I.3.3. Pollution agricole

L'utilisation irrationnelle des produits phytosanitaires et des pesticides qui est contenus dans les engrais et utilisée dans l'agriculture. Ils pénètrent alors les sols jusqu'à atteindre les eaux souterraines (Marillys, 2010).

I.3.4. Pollution naturelle

Certains auteurs considérant que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution : Par exemples, une éruption volcanique, un épanchement sous –marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques (métaux lourds), une source thermo-minérale ...etc. (Chartier, 1974).

I.4. Types de pollution

I.4.1. Pollution physique

Selon Benkaddour (2018), la pollution physique est produite par divers éléments solides transportés par les déchets ménagers et industriels, nous distinguons :

- ❖ **Pollution solide** : particules solides de l'eau industrielles et eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert.
- ❖ **Pollution thermique** : généralement causée par l'eau dans le circuit de chauffage. L'usine se refroidit, en fait, tout changement de température de l'eau aura impact significatif sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et de l'environnement survie des organismes vivants.
- ❖ **Pollution radioactive** : liée au rejet d'éléments radioactifs dans les installations et installations centrales nucléaires et usines de traitement des déchets radioactif.

I.4.2. Pollution chimique

Cela est dû à la nature organique et minérale des polluants chimiques de différentes activités humaines. Ce type de pollution comprend les solvants, les métaux (zinc, plomb,

cadmium, hydrocarbures aromatiques polycycliques, biphényles polychlorés, médicaments, pesticides, sel, etc (Gis, 1996).

I.4.3. Pollution biologique

Il provient de nombreuses sources, telles que les hôpitaux, l'agriculture et évacuation des eaux usées. Ensuite, les microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites), qui peuvent être dangereux pour l'environnement et la santé humaine (François, 2009).

I.5. Impact de pollution des eaux

I.5.1. Impact sur l'environnement

D'après Malbreil (1997), l'incidence des rejets sur notre environnement peut d'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes.

Les modifications de température et de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les micro-organismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs (Malbreil, 1997).

I.5.2. Impact sur la santé humaine

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement ou 80% des maladies sont dues à l'eau (Adjagodo et al., 2017).

Selon Rouamba et al., (2016), les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes :

- ❖ Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus) ;
- ❖ Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau ;
- ❖ Maladies causées par un organisme aquatique invertébré ;
- ❖ Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau.

Chapitre II :
Métaux lourds et poissons :
Accumulation, Tolérance
et Toxicité

II.1. Définition

Le terme "métaux lourds" a été introduit historiquement au début du XXème siècle, et comportait à l'époque le mercure, le plomb et le cadmium. De nos jours le langage courant a vulgarisé le terme "métaux lourds" englobant à tort un grand nombre d'éléments. Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser (Belabed, 2010).

D'un point de vue purement scientifique et technique (Fig 1), les métaux lourds peuvent être également définis comme :

- ❖ Tout métal ayant une densité supérieure à 5 ;
- ❖ Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (Z=11) ;
- ❖ Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

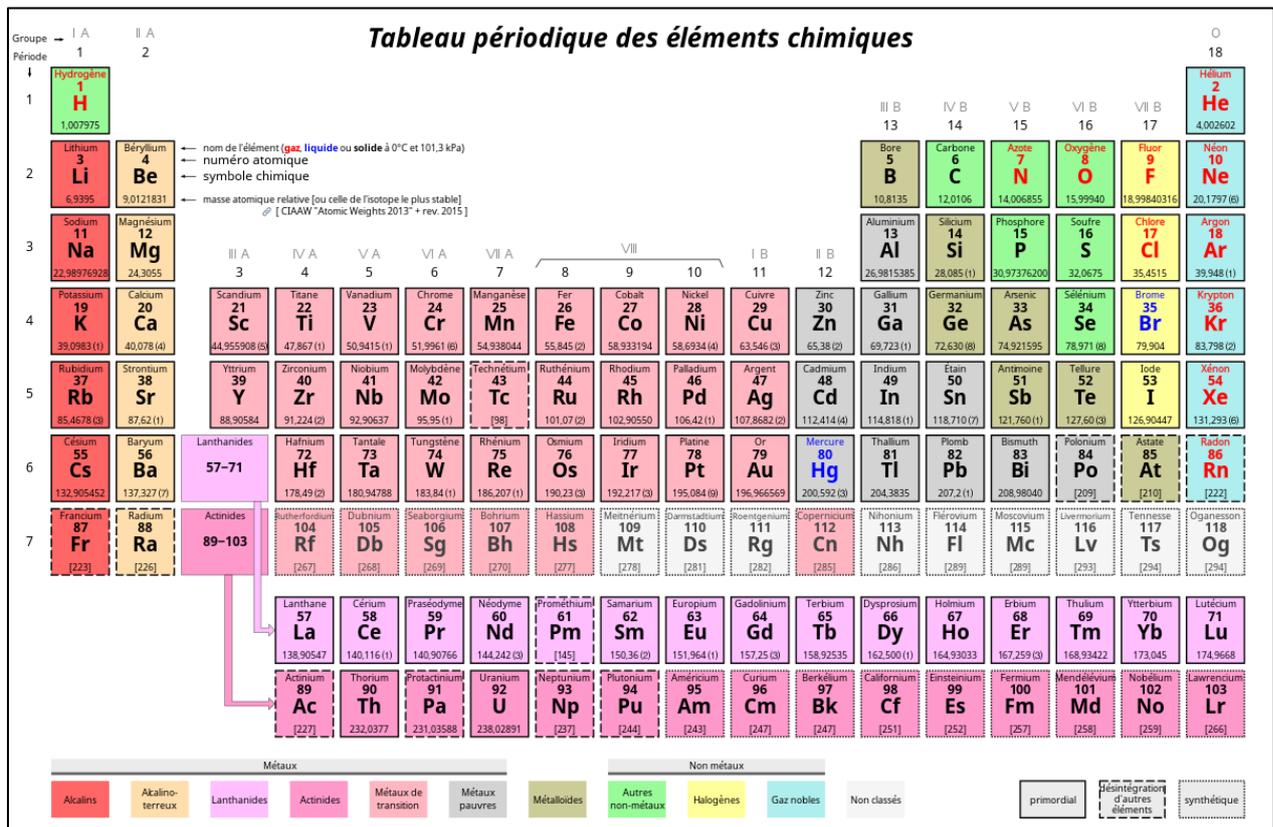


Figure 1 : Classification périodique des éléments métalliques analysée (Lennetch, 1993)

Certains chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques encore. Le géologue, par exemple, considérera comme métal lourd tout métal réagissant avec la pyrimidine (C₄H₅N). Dans le traitement des déchets liquides, les métaux lourds indésirables auxquels on s'intéresse principalement sont : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le sélénium (Se), le zinc (Zn) (Belabed, 2010).

Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le zinc (Zn). Enfin, dans l'industrie en général, on considère comme métal lourd tout métal de densité supérieure à 5, de numéro atomique élevé et présentant un danger pour l'environnement et/ou pour l'homme (**Belabed, 2010**).

II.2. Origine des métaux lourds

II.2.1. Sources naturelles

Les métaux lourds sont présents dans l'eau, l'air et les sols. Comme tous les minerais, ils sont présents dans les roches. Ces réserves naturelles ne constituent pas en elles-mêmes un danger mais l'exploitation des gisements, l'érosion, les incendies de forêts, les prélèvements d'eau ou les éruptions volcaniques, vont répandre des traces de ces éléments dans l'environnement. Ils peuvent alors devenir toxiques s'ils se retrouvent en quantités suffisantes dans les organismes vivants (**Lamprea, 2009**).

II.2.2. Sources Anthropique

Outre ces phénomènes naturels, l'activité humaine, même si elle ne crée pas de métaux lourds, participe à leur diffusion dans l'environnement :

- Les effluents d'extractions minières ;
- Les effluents industriels ;
- Les effluents domestiques et ruissellement orageux urbain ;
- Lessivage des métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides ;
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple les métaux contenus dans les pesticides ;

Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles ;

- Activités pétrochimiques.

Le tableau 2 présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement.

Tableau 2 : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement

| Utilisation | Métaux |
|--|--|
| Batteries et appareils électriques | Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni |
| Pigments et peintures | Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe |
| Alliages et soudures | Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu |
| Biocides (pesticides et conservateurs) | As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn |
| Catalyseurs | Ni, Hg, Pb, Cu, Sn, Co |
| Verre | As, Sn, Mn |
| Engrais | Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn |
| Matières plastiques | Cd, Sn, Pb |
| Produits dentaires et cosmétiques | Sn, Hg |
| Textiles | Cr, Fe, Al |
| Raffineries | Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn |
| Carburants | Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd |

Source : (Biney *et al.*, 1991)

II.3. Principales propriétés physico-chimiques des ETM

II.3.1. Solubilité

D'après Certu (2004), la solubilité dans l'eau indique la tendance des métaux à s'écouler par lessivage ou ruissellement. La solubilité dépend de l'élément, des conditions chimiques de la phase aqueuse (pH, potentiel redox, concentration en ligand) et de la phase solide environnante.

La solubilité d'un élément peut varier selon sa spéciation, c'est-à-dire sa répartition entre différents états de valence, qui représente un paramètre essentiel notamment pour l'arsenic et le chrome (Certu, 2004).

II.3.2. Volatilité

La volatilité influe sur la libération par évaporation naturelle des polluants infiltrés dans les sols. D'une façon générale, les métaux sont considérés comme non volatils à l'exception du mercure dont le point d'ébullition est de 3,35°C (Périra, 2007).

II.3.3. Stabilité

Contrairement aux polluants organiques, les éléments métalliques eux-mêmes sont infiniment stables et ne se dégraderont pas dans l'environnement (**Lemiere, 2001**).

II.4. Cycle des métaux dans l'environnement

Pour participer aux cycles biogéochimiques (**Fig 2**), il faut qu'un métal soit disponible et qu'il ait été mobilisé, c'est-à-dire rendu apte à être transporté au-delà de la zone où il s'était déposé. La disponibilité d'un métal dépend de son abondance et de la stabilité de ses minéraux. Sa mobilisation est le résultat de l'érosion chimique, qui altère les roches pour former des composés plus mobiles, ou bien de l'activité biologique : la croissance des racines broie mécaniquement les roches et expose des surfaces nouvelles à l'érosion chimique, tandis que les interactions entre les solutions du sol et les plantes modifient le pH des eaux, leur composition chimique et leur réactivité. L'activité volcanique contribue aussi à mobiliser les métaux les plus volatils (Pb, Cd, As, Hg), en extrayant les métaux des réservoirs profonds et en les injectant dans l'atmosphère (**Monna, 2008**).

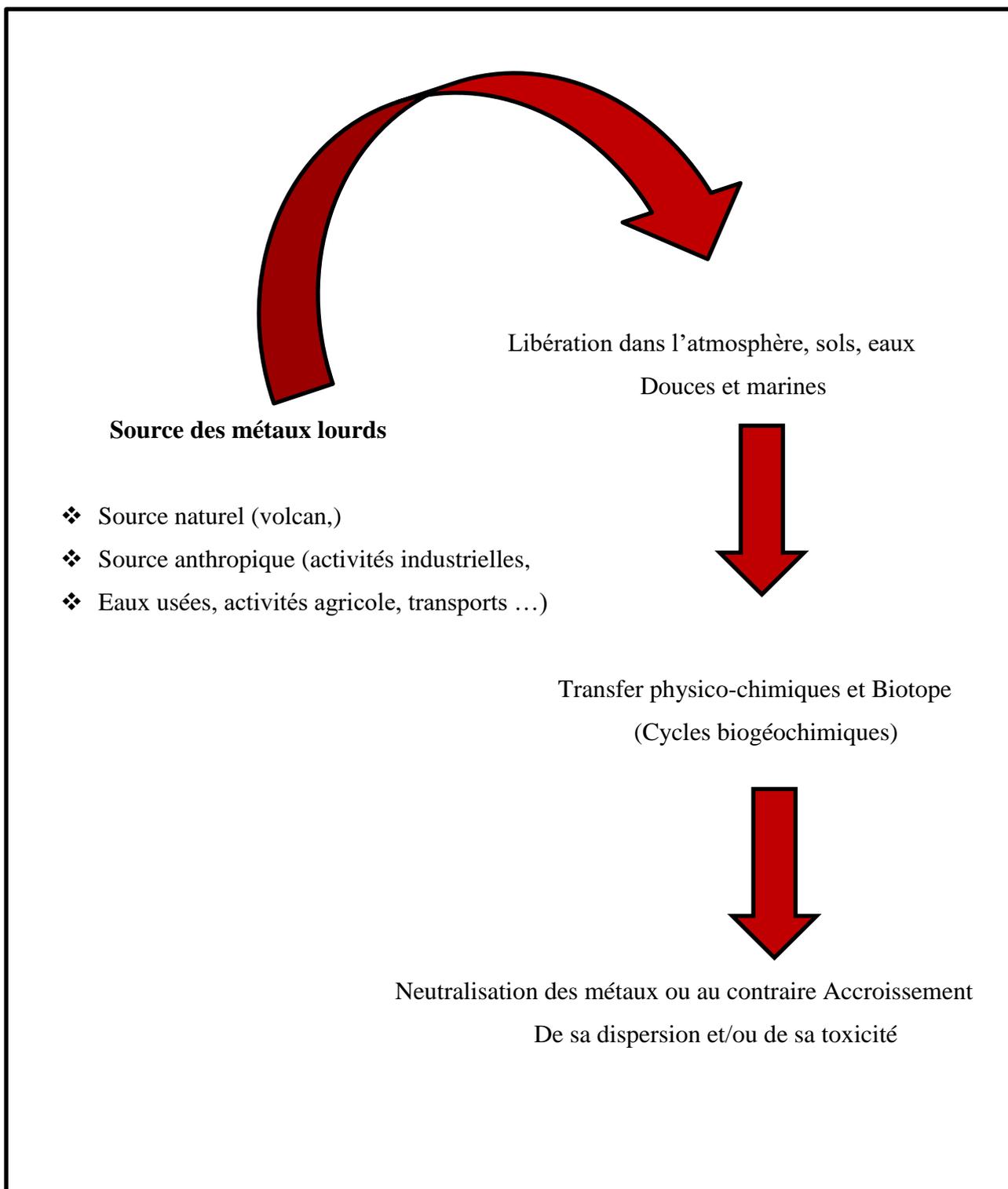


Figure 2 : Cycle biogéochimique des métaux lourds (Ait ziane et Bouyahia, 2012)

II.5. Contamination de l'eau

Les métaux présents dans l'eau peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions. Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption. Certains processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes d'instabilité des différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ions dissous, et température) (**Harte, 1991**).

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes :

- ❖ Les eaux usées domestiques et industrielles ;
- ❖ La production agricole ;
- ❖ Les polluants atmosphériques ;
- ❖ Les anciennes décharges ;
- ❖ L'utilisation de substances dangereuses pour l'eau ;
- ❖ La navigation, etc (**Fishbein, 1981**).

II.6. Impact des métaux lourds sur la santé humaine

La toxicité d'un métal peut être influencée par un certain nombre de facteurs. La (**fig 3**) illustre la répartition des métaux dans le corps humain. Parmi ces facteurs, on a ceux qui sont liés au contaminant (ou facteurs extrinsèques) tel que la nature du métal, spéciation chimique, organotropisme, biodisponibilité, etc. A ces facteurs, s'ajoutent des facteurs intrinsèques liés à l'âge, le sexe, l'état nutritionnel, les conditions d'expositions et la variabilité génétique, etc.). L'ensemble de ces facteurs peut influencés sur la charge corporelle d'un métal, sa distribution tissulaire et ses effets nocifs (**Kakkar et al., 2005**).

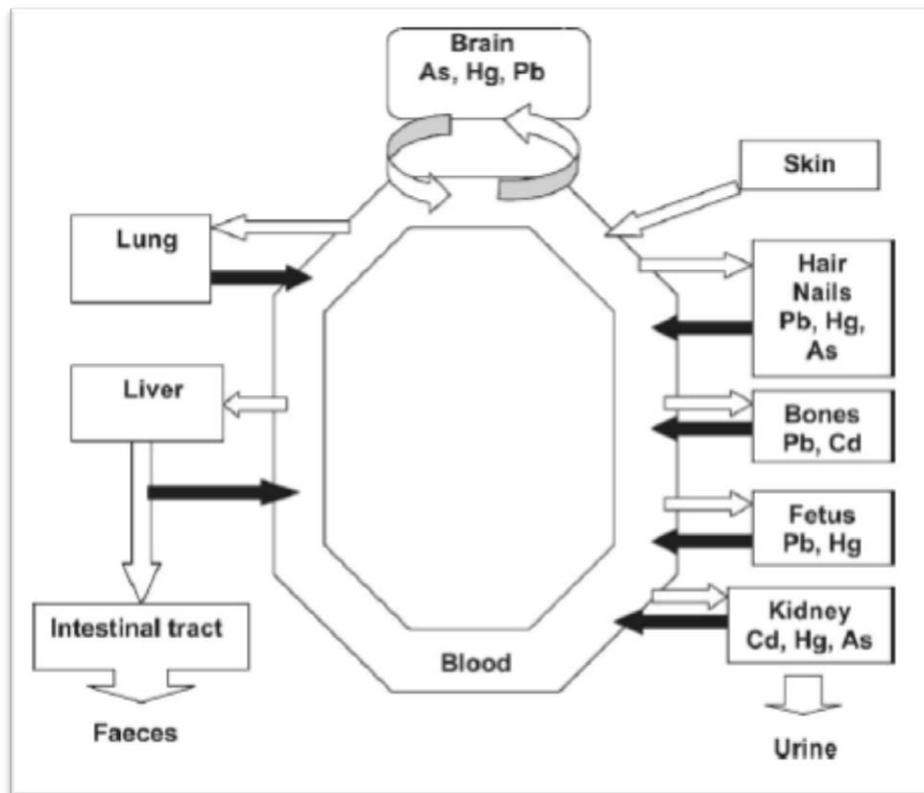


Figure 3 : Répartition des métaux dans le corps humain (Kakkar *et al.*, 2005)

Brain : cerveau

Bones : os

Liver : foie

Skin : peau

Kidney : rein

Intestinal tract : tractus intestinal

Hair : cheveux

Lung : poumon

Faeces : fèces

Nails : ongles

blood : sang

Urine : urine

La toxicité des métaux varie aussi selon la dose et la durée d'exposition. Une exposition de courte durée à des concentrations élevées cause des syndromes aigus, alors que l'exposition de longues durées à de faibles concentrations provoque des troubles chroniques. La gastroentérite, la pneumonie et l'insuffisance rénale et hépatique sont les troubles les plus fréquemment observés en cas d'exposition de longue durée à un certain nombre de métaux (cadmium, cuivre, plomb, zinc). L'exposition à des métaux pourrait également causer le cancer (Tab3).

Tableau 3 : Principaux effets des métaux lourds (Noppe, 1996)

| Particules | Toxicité |
|------------|--|
| As | Toxique, possible cancérigène |
| Cd | Hypertension, dommage sur le foie |
| Cr | Cancérigène sous forme de Cr (VI) |
| Cu | Peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés |
| Hg | Toxicité chronique et aigue |
| Ni | Allergie de peau, maladie respiratoires possible cancérigène |
| Pb | Toxique |
| Se | Essentielle à faible doses, toxique à doses élevées |
| Zn | Toxique pour les végétaux à fortes teneurs |

II.7. Effets des métaux lourds sur la vie aquatique

A de faibles concentrations, beaucoup de métaux lourds, dont Hg, Cd, Pb, As et Cu inhibent la photosynthèse et la croissance du phytoplancton. Les effets observés à des niveaux trophiques supérieurs se manifestent notamment par un retard du développement des embryons, des malformations et une moins bonne croissance des adultes chez les poissons, les mollusques et les crustacés. En outre, tout au long de la chaîne alimentaire, certains se concentrent dans les organismes vivants. Ils peuvent ainsi atteindre des taux très élevés dans certaines espèces consommées par l'homme, comme les poissons. Cette " bioaccumulation " explique leur très forte toxicité (Biney *et al.*, 1994).

II.8. Bioaccumulation des métaux lourds

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps :

- l'assimilation ;
- la bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration ;
- la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification (Miquel, 2001).

II.8.1. Assimilation

D'après Miquel (2001), L'exposition aux polluants peut être réalisée à travers deux voies principales : la voie externe (par contact) qui provoque un phénomène d'adsorption, et la voie interne par assimilation ou absorption. Toute absorption n'est pas nécessairement dangereuse. D'une part, tout dépend des concentrations du polluant. D'autre part il ne faut

s'intéresser qu'à la fraction soluble du métal ; la fraction insoluble étant éliminée par différentes voies : solide (fèces), liquide (urine), cutanée (sueur).

La partie soluble biodisponible (assimilable), se rencontre dans certains organes (organotropisme), cette réceptivité est due soit une fonction particulière (foie ; principal siège de la métabolisation, reins ; siège de l'excrétion) soit à la composition physico-chimique de l'organe, favorisant le stockage du contaminant (calcium/plomb dans les os) ou permettant les accumulations (Miquel, 2001).

Il existe également des différences selon les métaux ; le cadmium se rencontre exclusivement dans le tube digestif, le foie et les reins. Le plomb diffuse dans la peau, les muscles et la colonne vertébrale. Le mercure, dans sa forme organique, diffuse dans le système nerveux et le fœtus (Miquel, 2001).

II.8.2. Bioconcentration

C'est un cas particulier de bioaccumulation. Il est défini par le processus de l'existence en tant que substance dans un corps vivant la concentration est supérieure à celle du milieu environnant. C'est une augmentation de la concentration de polluants lorsqu'ils passent de l'eau aux organismes. Les éléments de la concentration peuvent être définis comme la concentration d'une substance à l'état d'équilibre dans un organisme (Ramade, 1992 in Taghezout, 2015).

II.8.3. Bioamplification

Est le processus par lequel le prédateur concentre une substance à un niveau supérieur à celui où il se trouve dans la proie. Ainsi, le concept de la bioaccumulation résulte de la balance nette des processus de capture, de stockage et d'excrétion d'une substance dans un organisme due à exposition dans l'eau, la nourriture, le sédiment et l'air. Pénétration, stockage dans les organes cibles et contamination sont sous la dépendance des facteurs abiotiques du milieu, de la nature du contaminant et des caractéristiques physiologiques et biochimiques de l'organisme ou de l'espèce considérée (Vaufleurie et al., 2010).

II.9. Accumulation préférentielle des métaux dans les divers organes de poisson

Plusieurs études ont montré, qu'en général, le foie, les branchies et les reins sont des organes qui participent à la détoxification de l'organisme après exposition à des solutions métalliques, ils sont susceptibles d'accumuler des quantités plus importantes en ions métalliques (Canli et al., 2001).

Les ETM peuvent être stockés sous forme de dépôts granuleux dans le cytoplasme. Ils peuvent également précipiter sous formes de sels minéraux insolubles (ex. : séléniure de mercure). Enfin, ils peuvent être liés avec des protéines de faible poids moléculaire, comme les métallothionéines, localisées au niveau des branchies, du foie, des reins, de l'intestin et en faible quantité dans le sang (Canli et Alti, 2001).

II.9.1. Branchies

Selon Carpenne et Vasak (1989), Les branchies constituent un organe en contact directe avec le milieu extérieur, elles apportent donc une information essentielle quant à la contribution de la voie directe (respiration) dans la contamination de l'individu.

II.9.2. Foie et Muscles

Comme les branchies qui accumulent les éléments présents dans le milieu de vie du poisson, le foie est recommandé en tant qu'indicateur de la pollution aquatique. Il est considéré comme étant un organe d'accumulation, siège de métallisation de certains éléments et constitue l'organe principal de détoxification de l'organisme. Enfin, les ETM présentent peu d'affinité pour les muscles, exceptés pour le mercure qui est un élément lipophile (Bustamante, 2003).

II.10. Biosurveillance des milieux aquatiques

La pollution des écosystèmes aquatiques par les métaux reste un problème environnemental grave et de plus en plus préoccupant (Chouti et al., 2010). On les trouve dans toutes les parties des écosystèmes aquatiques (eau, sédiments, flore et faune) (Langsone, 1998).

Le développement du concept de suivi biologique des écosystèmes aquatiques repose sur la détection précoce des réponses écologiques et physiologiques d'individus appartenant à des espèces indicatrices biologiques (communautés aquatiques exposées aux polluants) (Boucheseiche, 2002).

II.10.1. Utilisation des poissons bio accumulatrice

En milieu aquatique, diverses espèces animales constituent des indicateurs d'exil des polluants et peuvent être utilisées pour surveiller la qualité de l'eau (Ramade, 2007).

Le poisson est particulièrement important dans le règne animal : il représente plus de 50 % de tous les vertébrés et occupe presque tous les milieux aquatiques, même les plus extrêmes. Les populations de poissons semblent désormais être un élément essentiel pour évaluer la qualité des écosystèmes et peuvent fournir des informations complémentaires aux

informations fournies par d'autres communautés (Ramade, (2007) ; Dixon et Spargue, (1981)) ont montré que les poissons osseux (*Pimphales promelases*, *Lepomis cyanellus*, *Salmo gairdineri*) ont été considérés comme un écosystème biologique indicateurs.

II.10.2. Double aspect du poisson : indicateurs et vecteurs

L'analyse des poissons indique un intérêt particulier pour la mesure, ou ils fourniront des informations sur leur propre pollution et la pollution de l'environnement.

II.10.2.1. Excellent indicateur de pollution

En milieu aquatique, le poisson est un bon indicateur de pollution. Selon Tilghman et al., (2009), les indicateurs biologiques doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- ❖ Les contaminants s'accumulent sans être tués, voire interfèrent avec leur reproduction ;
- ❖ Le mode de vie sédentaire de l'espèce ;
- ❖ Taille dodue et forte ;
- ❖ La taille de l'échantillon doit être suffisante pour l'échantillonnage ;
- ❖ Tous les individus d'une espèce indicatrice biologique, quels que soient l'emplacement et les conditions environnementales, devraient montrer la même et simple corrélation entre la teneur en polluants et la concentration moyenne dans la communauté biologique ou la nourriture.

II.10.2.2. Vecteur de contamination

D'après Osset (2001), à travers la chaîne alimentaire, les poissons vont contaminer l'homme, consommateur de manière chronique. Ceci constitue un problème sanitaire. Aujourd'hui, Pb, Cd, PCB et dioxines véhiculés par les poissons sont reconnus comme cancérigène très probable outre leurs toxicité chronique plus spécifique.

Les dangers liés à l'exposition chronique, il suscite le plus d'inquiétude vis-à-vis du grand public concerne le risque cancérigène quand on sait que le cancer est la première cause de mortalité en France dans la tranche d'âge 35-64 ans, et la seconde tous âges confondus (Osset, 2001).

Le risque pour la santé humaine doit prendre en compte des données épidémiologiques, telles que l'existence de populations cible car fortement consommatrices et des populations à risque telles que femmes enceintes, personnes débilitées, jeunes enfants (Osset, 2001).

En billon, les analyses de contaminant dans la chair des poissons présentant un double intérêt, sanitaire d'abord, puis dans le suivi des milieux (Osset, 2001).

II.10.3. Avantages et inconvénients des poissons dans la bio surveillance

Pour surveiller les tendances des polluants, les poissons peuvent fournir des informations très utiles. Le principal avantage de certaines espèces de poissons est que leur sélection d'espèces d'intérêt économique pour l'homme dépendra principalement des objectifs de suivi et des paramètres d'échantillonnage définis (âge, poids, taille et parfois sexe), ainsi que de leur abondance et de leur localisation (**Soudani, 2011**).

La disponibilité des espèces individuelles varie considérablement à chaque endroit et au cours de chaque période d'échantillonnage et peut être consommée. Par conséquent, en l'absence des espèces requises, il est important de fournir une gamme d'espèces similaires différentes dans tout le bassin versant (par exemple, à la fin du schéma d'exposition aux graisses, au mode de vie et à d'autres polluants) (**Tilghman et al., 2009**).

L'organisation cible dans le processus d'analyse n'est pas évidente, et il semble qu'il y ait une grande différence entre la recherche et le plan de surveillance. Néanmoins, nous pouvons voir que les tissus les plus couramment ciblés sont les muscles et le foie, et les métaux sont les gonades. L'analyse des poissons fournit directement une indication de l'état de contamination des aliments, fournissant ainsi une indication de l'exposition humaine potentielle. L'inconvénient des poissons est la mobilité d'une part, et les zones écologiques divisées par espèces d'autre part. En pratique, il est difficile de capturer des échantillons homogènes de la même espèce dans une certaine partie du fleuve (**ADE, 1998**).

Partie
Expérimentale

Chapitre I :
Présentation de la
zone d'étude

I. Présentation de la zone d'étude

I.1. Localisation géographique

Le barrage Colonel Bougara est situé dans le nord de l'Algérie, à 40 kilomètres en aval du barrage de Dahmouni sur le même cours d'eau, à environ 10 kilomètres de la ville de Tissemsilt (**Fig 4**), et est conçu pour stocker l'eau d'Oued Nahr Ouassel. Il sert à irriguer les plaines du Tiaret et du Tissemsilt (**ANBT, 2011**).

D'après **Ladjal (2013)**, il correspond aux coordonnées U.T.M suivantes :

$$X = 403781,86 \text{ m}$$

$$Y = 3936192.251 \text{ m}$$

$$Z = 818,226 \text{ m}$$

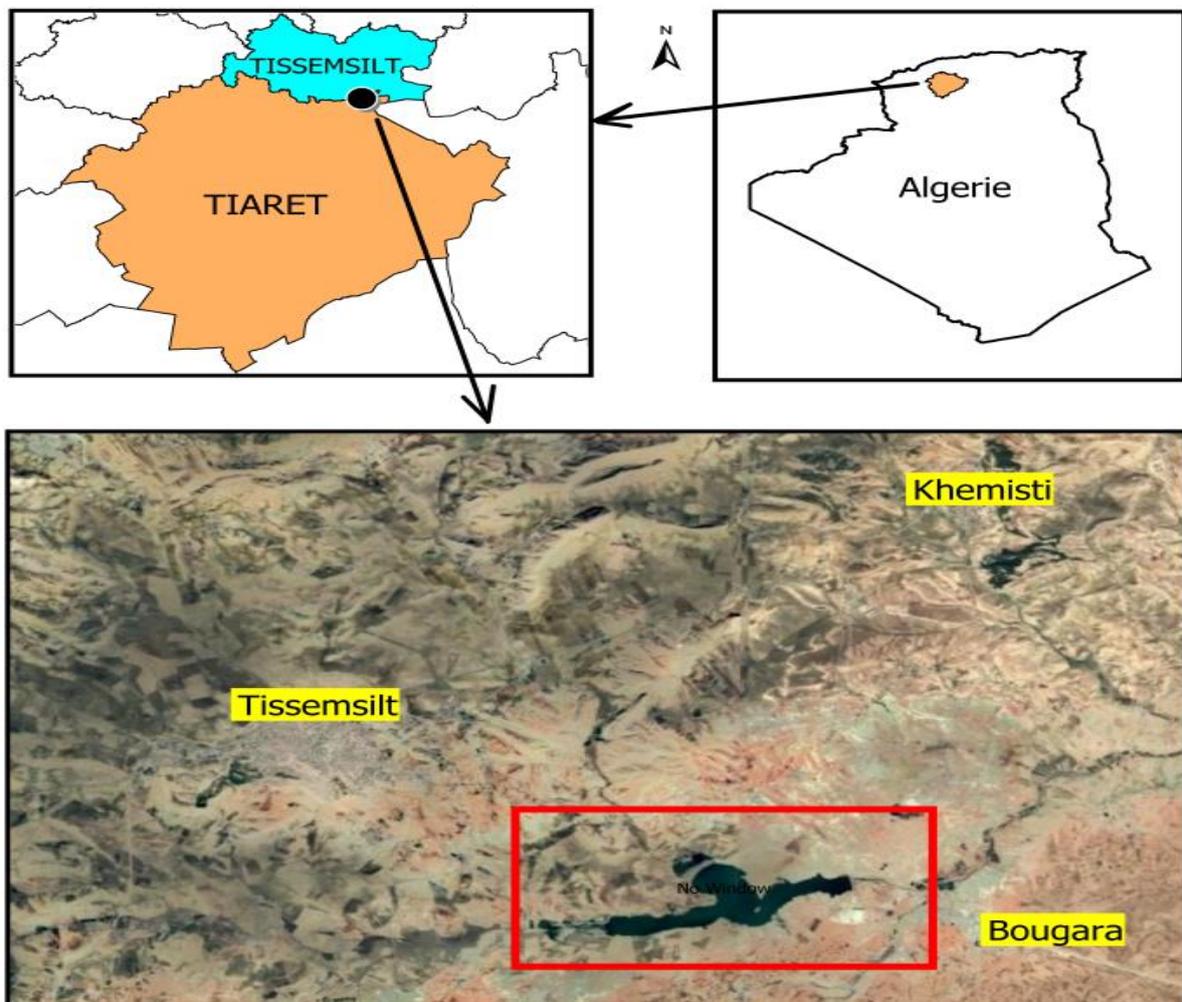


Figure 4 : Localisation géographique du barrage Bougara-Tiaret

I.2. Localisation administrative

Sur le plan administratif (**Fig 5**), le barrage est limité par :

- ❖ Commune de Bougara « wilaya de Tiaret » : au sud ;
- ❖ Commune de Hammadia « wilaya de Tiaret » : à l'est ;
- ❖ Commune de Tissemsilt « wilaya de Tissemsilt » : à l'ouest ;
- ❖ Commune de Khemisti « wilaya de Tissemsilt » : au nord ;



Figure 5 : Barrage Bougara (Photo originale, 2021)

La superficie du bassin versant du barrage Bougara est de 454 Km² et qui englobe neuf communes dont les superficies sont illustrées.

Tableau 4 : Superficie et portion des communes situées dans le sous bassin versant du barrage Bougara

| Wilaya | Communes | Superficie dans le sous bassin (Km ²) | Surface partielle (%) |
|--------------|--------------|---|-----------------------|
| Tissemsilt | Tissemsilt | 169.3 | 37.3 |
| Tiaret | Sebaine | 132.5 | 29.2 |
| Tiaret | Hamadia | 57.6 | 12.7 |
| Tiaret | Mahdia | 41.7 | 9.2 |
| Tissemsilt | Ouled Bessam | 29.5 | 4.0 |
| Tissemsilt | Khemisti | 11.8 | 2.6 |
| Tissemsilt | Sidi Abed | 4.9 | 1.1 |
| Tiaret | Bougara | 4.9 | 1.1 |
| Tissemsilt | Ammari | 1.3 | 0.3 |
| Total | | 454.0 | 100.0 |

Source : DHW Tissemsilt, 2009

I.3. Retenue

D'après Souaiekeur (2016), Le bassin versant de 454 km² permet un apport moyen interannuel de 9 millions de m³ environ. La capacité de la retenue est de 13 millions de m³ à la cote de retenue normale. En plus des eaux de pluies et Nahr Ouassel, le barrage est alimenté par les eaux usées épurées dans la station d'épuration de la ville de Tissemsilt.

La partie amont de la retenue est dominée par la retenue du barrage de Dahmouni dont la capacité utile de 36 hm³ permet de régulariser l'apport moyen sur le barrage, et destinée à l'irrigation des plaines de Tiaret et Tissemsilt.

Caractéristiques de la retenue.

- ❖ Plus hautes eaux 813.70 m
- ❖ Niveau de retenue normale 809.50 m
- ❖ Cote de la retenue au niveau mort..... 806,11m
- ❖ Superficie de la retenue au RN..... 510,16 ha
- ❖ Volume de la retenue au R N13 km²
- ❖ Volume utile de la retenue 11.00 Hm³
- ❖ Volume régularisable..... 5,5 Hm³
- ❖ Volume mort..... 2 Hm³

Caractéristiques techniques

- ❖ Digue en terre
- ❖ Hauteur de la digue 20 m
- ❖ Longueur de la crête300 m

I.4. Aperçu géologique et géomorphologique

Le bassin versant du barrage Bougara se situe dans le domaine des hautes plaines sud oranaises, plus précisément dans le Plateau du Sersou. Ce dernier est formé d'un vaste bassin continental compris entre la limite du piedmont méridional des reliefs de Tiaret et la chaîne du Nador (Ladjel, 2013).

I.5. Aperçu pédologique

D'après Duchaufour (1983), le sol reste l'élément principal de l'environnement, qui règle la répartition des espèces végétales. La mise en place du climat, de la végétation et des sols méditerranéens est très ancienne et très complexe. Elle commence au début de quaternaire et s'affirme à partir de l'holocène. Il s'agit dans ce contexte de sols anciens selon le concept, c'est à dire des sols ayant évolué pendant plus de dix mille ans, avec des phases d'accélération et de ralentissement, mais dont le processus fondamental est resté pratiquement le même pendant toute la durée de l'évolution.

Les sols les plus essentielles dans le barrage sont :

- ❖ Les sols calcaires.
- ❖ Les sols organiques (marais) près de Tiaret.
- ❖ Les sols alluviaux le long de l'Oued Nahr Ouassel.

I.6. Aperçu hydrologique

Selon Ladjel (2010), Le barrage de Bougara régule les eaux de l'Oued Nahr Ouassel en supprimant les crues et en établissant un réservoir en amont de l'ouvrage. Les fonctions hydrologiques du réservoir comprennent l'extraction d'eau (irrigation, alimentation, eau potable, activités industrielles) et l'utilisation sur site, comme la pisciculture, le tourisme et la création d'habitats potentiels pour la faune.

Caractéristiques hydrologiques :

- ❖ Bassin versant : Sur les 1000 km² que représente la superficie du bassin versant, le barrage Colonel Bougara ne contrôle que la moitié soit 454 km², le reste est contrôlé par le barrage de Dahmouni en amont
- ❖ Précipitation moyenne : 356.4 mm/ans

- ❖ Apport liquide annuel moyen : 9 Hm³
- ❖ Apport solide annuel moyen estimé : 38 000 m³
- ❖ Débit annuel moyen de l'Oued 0.3 m³ /s
- ❖ Température extrême en année normale 0°C + 37°C

I.7. Aperçu climatique

Le climat par ces différents facteurs (température, pluviométrie, vent...) joue un rôle déterminant et intervient d'une façon décisive sur la croissance et la répartition du monde vivant. Les conditions climatiques du barrage s'expliquent par sa situation géographique et le relief de son territoire (**Ladjel, 2013**).

Pour identifier le climat de la zone d'étude nous nous sommes référées aux données climatiques fournies par la station météorologique de Tiaret (Lorsqu'il n'y a pas de station climatique dans le barrage, les données sont extraites de la station la plus proche).

I.7.1. Température

La température est l'un des éléments fondamentaux du climat, qui affectant directement les processus biologiques et chimiques dans la biosphère et l'activité humaine en générale (**Benbrahim et al., 2012**) (**Tab5**).

Tableau 5 : Relevée climatiques de la station d'Ain Bouchakif Tiaret (2010-2020)

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Min °c | 1,46 | 1,37 | 3,30 | 5,88 | 8,84 | 13,24 | 17,61 | 18 | 14,55 | 10,53 | 6,07 | 2,98 |
| Max °c | 11,66 | 12,50 | 15,96 | 21,12 | 25,53 | 31,32 | 36,763 | 35,94 | 29,92 | 24,56 | 16,05 | 12,85 |
| Moy °c | 5,81 | 6,13 | 8,74 | 13,08 | 17,50 | 22,89 | 27,67 | 27,05 | 21,51 | 16,54 | 10,31 | 7.18 |

Source : station météorologique d'Ain Bouchakif Tiaret, 2020 ; www.tutiompe/clima/Tiaret, consulté le 23/06/2021 à 22 :30)

L'analyse du tableau ci-dessus, indique que la température minimale enregistrée pour le mois le plus froids (Février) est de 1.37°C, et le mois le plus chaud est celui de Juillet avec un maximum de 36.7°C.

Les températures annuelles moyennes varient entre 5,8°C et 27,67°C.

I.7.2. Précipitation

La région de Bougara est comme toutes les régions de bassin méditerranéen qui caractériser par des pluies irrégulières et très mal réparties dans le temps et dans l'espace. Les données pluviométriques sont portées.

Tableau 6 : Relevées de la pluviométrie de la zone d'étude durant l'année 2020

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| PRCP (mm) | 80,58 | 73,90 | 84,30 | 73,48 | 44,36 | 18,41 | 4,23 | 9,88 | 29,56 | 37,95 | 66,46 | 54,67 |

Source : station météorologique d'Ain Bouchakif Tiaret, 2020 ; www.tutiompe/clima/Tiaret, consulté le 23/06/2021 à 22 :30)

La précipitation moyenne de la zone d'étude est d'environ 577.45 mm. Les mois les plus pluvieux sont : Janvier, Février, Mars par un maximum de 84.3mm et les mois de Juin, Juillet, Aout sont les moins pluvieux.

I.7.3. Vent

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, et la connaissance de son intensité et de sa direction s'avère très important (Ahmed, 2015).

Les vents de barrage Bougara sont très fréquents à une direction nord-ouest. La période estivale est caractérisée par le sirocco.

I.7.4. Gelée

Les gelées commencent du mois de novembre jusqu'au mois d'avril, le maximum du nombre de jour de gelées est au mois de janvier.

I.7.5. Neige

La neige représente une source d'eau non négligeable. Elle tombe surtout en hiver avec un moyen de six jours /ans.

I.7.6. Diagramme ombrothermique De Bagnouls Et Gausse

Le tracé du diagramme ombrothermique de la zone d'étude (Fig6) révèle une saison sèche qui s'étale du mois de Juin jusqu'à le mois de Septembre.

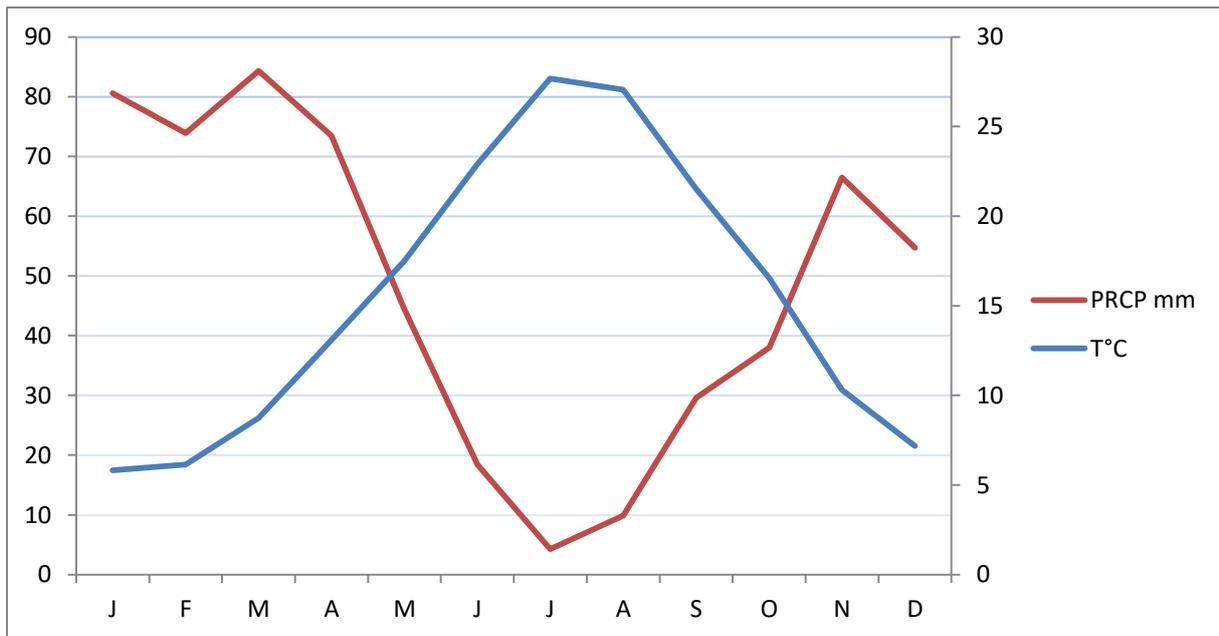


Figure 6 : Diagramme Ombrothermique de la zone d'étude

I.7.7. Climagramme d'EMBERGER

Pour préciser le climat d'une région, on utilise le diagramme d'Emberger. Il est déterminé selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Avec

Q_2 : quotient pluviométrique ;

P : précipitation annuelle en mm ;

M^2 : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en °K ;

m^2 : moyenne des températures minimales du mois le plus froids exprimée en °K ;

Après calcul on obtient les résultats suivants :

$$P = 577.84 \text{ mm}$$

$$M = 36.76 + 273 = 309.76$$

$$m = 1.37 + 273 = 274.37$$

Donc $Q_2 = 56$ et $0 < m < 3^\circ\text{C}$.

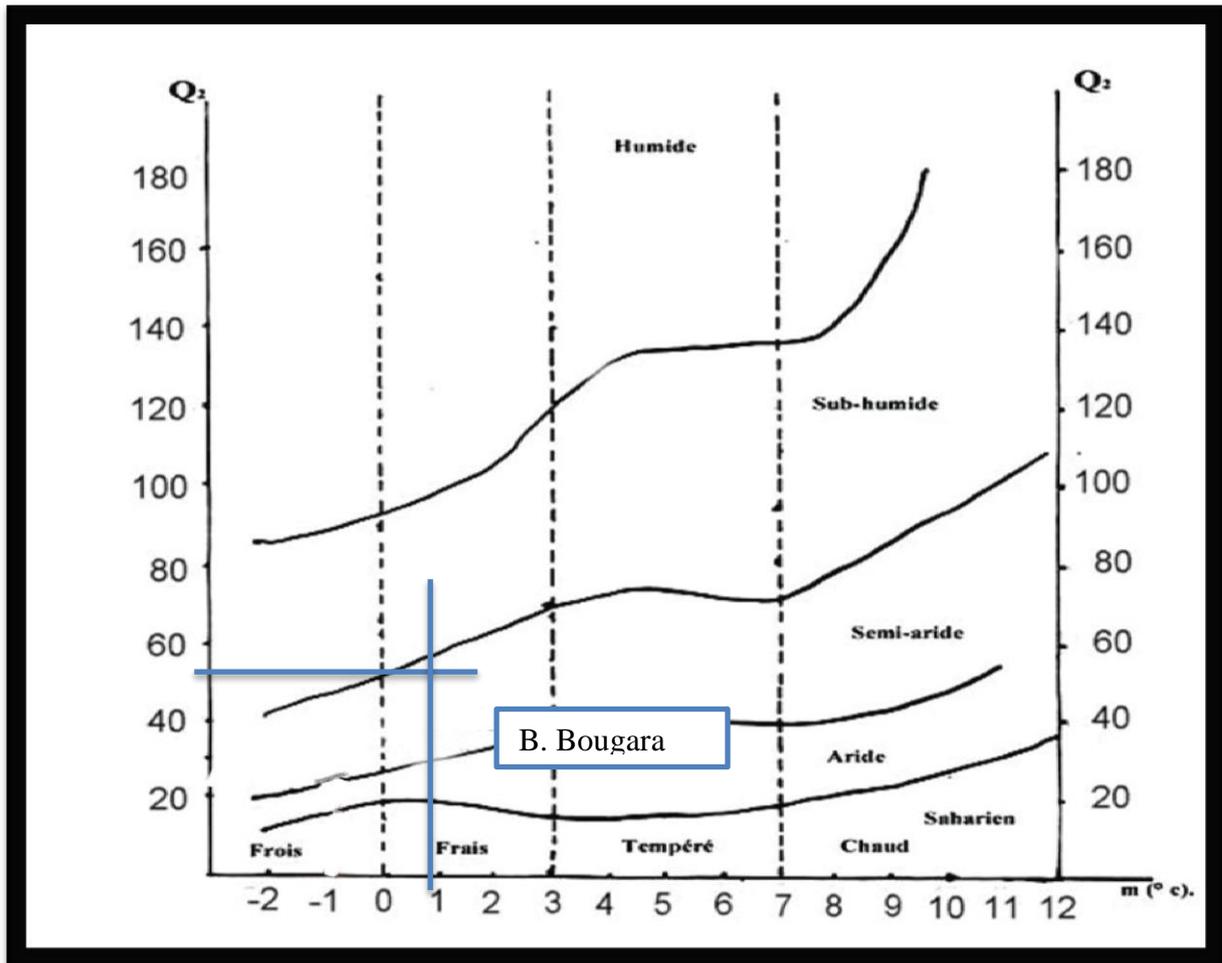


Figure 7 : Climagramme d'Emberger

La valeur du quotient de la région égale à 56. Le rapport de ces données sur le climagramme d'Emberger (fig7), nous permet de dire que la zone d'étude se situe dans la zone climatique semi-aride à hiver frais.

Chapitre II :
Matériel et Méthodes

II. Objectif

Cette étude est pour avoir le pouvoir accumulateur des poissons et le degré de pollution des eaux de barrage Bougara afin de les utiliser dans le programme de la bio surveillance des eaux polluées.

II.1. Matériel animal

II.1.1. Choix de l'espèce

Pour évaluer le degré de contamination métallique des organismes aquatiques de barrage Bougara, notre choix a été porté sur le poisson Carpe Commun '*Cyprinus Carpio*'. Il y a plusieurs raisons nous ont encouragée à faire ce choix :

La carpe appartient à la famille des *Cyprinidae* d'eau douce. C'est une famille très répandue et très abondante dans sa distribution naturelle, elle est résistante à la pollution de l'environnement (**Schofield et al., 2005**). Ainsi qu'est un bio indicateur très efficace dans l'évolution de l'état d'un écosystème : Leur faculté d'accumuler des métaux présents dans l'environnement dans un facteur de concentration de l'ordre 10³ à 10⁵ par rapport à l'eau environnante (**Hadou, 2013**).

La carpe ; Son statut bioécologique et sa capacité à servir d'indicateur qualitatifs et quantitatifs de la contamination de son biotope sont les principaux critères de son choix comme modèle expérimental (**Kime, 1999**).

II.1.2. Description de l'espèce étudiée

D'après Belaud (**1996**), La carpe à un corps allongé et trapu à peau couverte d'écailles cycloïdes plus ou moins grandes, et des lèvres épaisses, un dos relativement élevé. La tête des poissons porte les yeux, la bouche et les narines, Les yeux n'ont généralement pas de paupières, La bouche est terminale ou située à la face ventrale de la tête ; dans ce dernier cas, le museau est proéminent et porte quelque fois le nom de rostre.

La bouche est protractile portant quatre barbillons qui lui permettent de fouiller le fond et de détecter les aliments ainsi déplacés, la nageoire dorsale possède 3-4 rayons épineux et 17-22 rayons mous. La ligne latérale est constituée de 32 à 38 écailles. Le diagnostic de cette espèce à partir d'autres espèces de cyprinidés avec les caractères suivants : 2 paires de barbillons ; nageoire dorsale avec 15-20 rayons ramifiés ; nageoire caudale profondément émarginée. Dents pharyngées 1, 1, 3 : 3, 1,1, robustes, de type molaire, avec une couronne aplatie ou légèrement sillonnée (**Belaud, 1996**).



Figure 8 : Vue latérale de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) (Photo originale, 2021)

Selon Muus et Dahlstrom (1991), la coloration est brune à reflets dorés, avec un ventre plus clair (du blanc crème au jaunâtre), et des nageoires paires rouges pâles lors du frai.

Les Carpes sauvages de 3 à 4 ans mesurent de 20 à 40 cm et pèsent de 300 à 1000 g. Le maximum dépasse rarement le mètre, le poids est de 25 à 30 kg pour un âge de 40 ans (Muus et Dahlstrom, 1991).

II.1.3. Position systématique

Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758) fait partie de la systématique suivant

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Règne : | <i>Eukaryota</i> |
| Sous-Règne: | <i>Metazoa</i> |
| Phylum : | <i>Chordata</i> |
| Sous-Phylum : | <i>Craniata</i> |
| Embranchement : | <i>Vertebrata</i> |
| Superclasse : | <i>Gnathostomata</i> |
| Classe : | <i>Osteichthyes</i> |
| Sous-Classe : | <i>Actinopterygii</i> |
| Superordre : | <i>Teleostei</i> |
| Ordre : | <i>Cypriniformes</i> |
| Sous-Ordre : | <i>Cyprinoidea</i> |

| | |
|------------------|-------------------------|
| Famille : | <i>Cyprinidae</i> |
| Genre : | <i>Cyprinus</i> |
| Espèce : | <i>Cyprinus carpio.</i> |

II.1.4. Répartition géographique

La carpe est originaire d'Asie centrale, avec une extension naturelle vers l'Est (Chine), le sud et l'ouest. L'Europe occidentale à travers l'ensemble de l'Eurasie jusqu'en Chine, et en Asie du Sud-Est, en Sibérie et en Inde. L'une des premières espèces introduites dans d'autres pays et qui atteint maintenant une répartition mondiale (**Balon, 1974**).

En Algérie sa première introduction remonte à 1860, depuis cette date plusieurs actions de repeuplement des lacs et des barrages d'Algérie ont été enregistrées dans le cadre du programme national d'introduction des espèces exotiques (**Kara, 2012**).

II.1.5. Régime alimentaire

La carpe est un poisson omnivore préférant un régime alimentaire de type benthique fouisseur. La carpe commune ne refuse pas à l'occasion de s'attaquer aux autres poissons ou à leurs œufs. Elle a une prédilection pour les larves d'insectes, les mollusques, les vers, les petits crustacés et les écrevisses quand elles sont disponibles (**David, 2012**).

Son activité alimentaire est principalement crépusculaire et nocturne. L'hiver elle s'engourdit, et s'enfouit dans la vase jusqu'au printemps. Son activité alimentaire est au plus bas entre Décembre et Février (**David, 2012**).

II.1.6. Ecologie et habitat

Avoir des eaux stagnantes ou lentes, une végétation riche et profonde vase. Comme l'eau calme des étangs, des canaux et des nids-de-poule. Le fleuve lent, il dédaigne, dans le chaud août, courant assez vif, l'eau glisse rapidement sur les rochers (**Dubourgel, 1955**).

Selon (**Schlumberger, 1997**), la carpe est résistante à la pollution de l'environnement. C'est un poisson d'eau chaude ou la température optimale se situe entre 20 et 28°C. La teneur en oxygène dissous est d'environ 0,5 mg/L. Il supporte également des fluctuations thermiques fortes et rapides.

C'est une espèce grégaire et benthique, sédentaire et nocturne. Elle aussi photophobie, choisissez un habitat à faible intensité lumineuse (**Escudero et al., 1997**), la carpe recherche les riches végétation (**Trabelsi, 2011**).

II.1.7. Reproduction

La reproduction des Cyprinidés a en général lieu au printemps en zone tempérée, les œufs étant les plus souvent de petite taille. La ponte se fait généralement sous une température de 18 à 20°C dans la végétation. De Juin à Août, dans les eaux peu profondes, la femelle pond plusieurs milliers d'œufs adhésifs (environ 100 000 par kg de son poids). Le développement embryonnaire est bref et les larves, dès l'éclosion, doivent impérativement trouver une alimentation de petite taille (ciliés, rotifères puis petit crustacés) qui ne se trouve en quantité suffisante que lorsque la température de l'eau augmente (**Billard, 1995**).

II.2. Echantillonnage

Quatre poissons ont été capturés dans les eaux et les emplacements représentatifs du barrage de Bougara. Le type d'échantillonnage utilisé dans ces cas est mixte et dépend du comportement de l'animal sélectionné (mobilité individuelle) (**Barry et al., 1998**).

Prélèvement des échantillons a été effectué à l'aide des pêcheurs locaux.

Tableau 6 : Jours de pêche des poissons

| La date de prélèvement | Le nombre des individus |
|------------------------|-------------------------|
| 09/04/2021 | 2 |
| 12/04/2021 | 2 |

II.2.1. Prélèvement des échantillons

Une fois les poissons sont capturés, nous les avons transportés dans une glacière au laboratoire. Les échantillons sont conservés dans un réfrigérateur pour qu'ils soient étudiés le lendemain matin.

II.3. Paramètre étudié

Pour individus, des paramètres morphologiques ont été mesurée. Nous citons :

II.3.1. Age

La détermination de l'âge d'un poisson est l'un des facteurs les plus importants dans l'étude de la dynamique de sa population. Il constitue la base des calculs pour comprendre la croissance, la mortalité, la supplémentation et d'autres paramètres de base (**Cherabi, 1987**).

Il existe de nombreuses méthodes directes et indirectes pour déterminer l'âge. Par conséquent, la méthode indirecte utilise des estimations mathématiques (statistiques) de l'âge, tandis que la méthode directe est basée sur la lecture des signes de ralentissement de la croissance, présents dans les parties anatomiques telles que les écailles et les otolithes (**Chebel, 2013**).

Pour la carpe commune, les études ont montré que les écailles constituaient la meilleure structure osseuse pour la détermination de l'âge (**Vilizzi, 2018**). C'est donc cette structure osseuse qui sera utilisée.

II.3.1.1. Prélèvement des écailles

Retirer systématiquement les écailles sous la nageoire pectorale gauche (La zone la plus protégée) (**Fig 9**). Pour chaque échantillon, nous vérifions qu'il faut faire une échelle relativement grande et symétrique (**Djemali, 2005**).

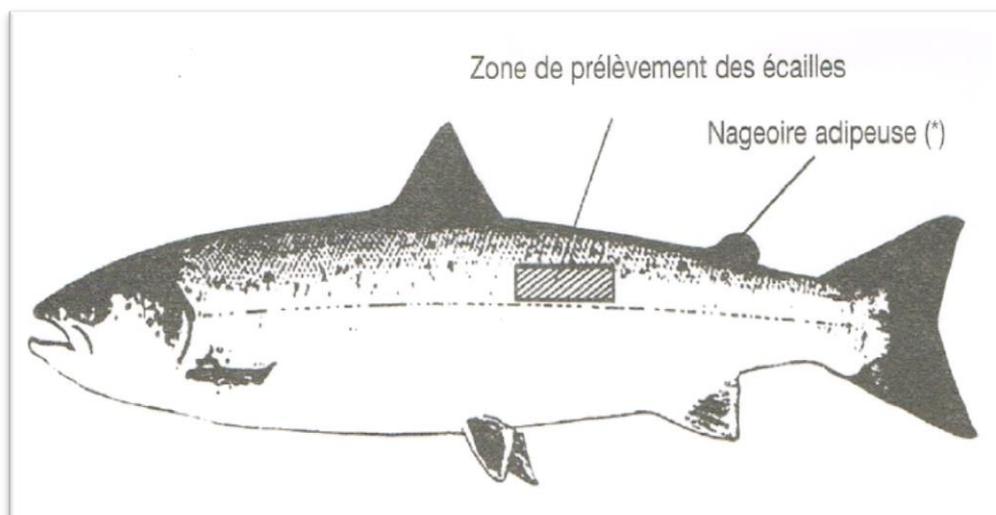


Figure 9 : Zone de prélèvement des écailles (**Djemali, 2005**)

Les écailles ont été prélevées à l'aide d'une pince fine au-dessus de la ligne latérale et sous la nageoire dorsale. Le nombre d'écailles prélevées est 20 écailles par individu.

Les écailles doivent être nettoyées pour les débarrasser de tous les fragments de tissus qui pourraient y adhérer et gêner leur lecture. Pour cela, on les a frottées doucement entre le pouce et l'index.

Les écailles montées entre deux lames sont observées à la loupe binoculaire. Mais avant ça, on ajoute un gout de décapant à très faible dose qui est le KOH à 5% (Soudani, 2011).

II.3.1.2. Lecteur des écailles

Afin de déterminer l'âge, une croissance rapide qui se traduit par des circuli espacés et une zone claire. Lorsqu'elle se ralentit, les circuli sont rapprochés et forment un anneau plus foncé appelé annulus (Fig 10). Le nombre de ces annuli ou hivers-écaille donne l'âge du poisson (Jearld, 1983).

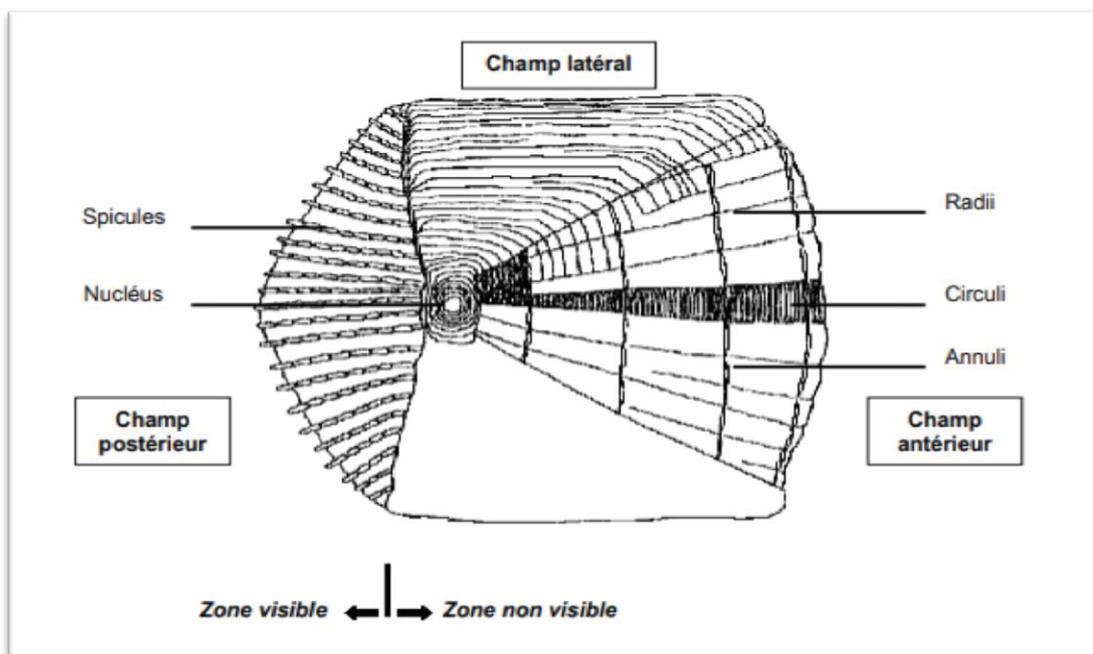


Figure 10 : Différentes parties d'une écaille (Fritch, 2005)

Pendant une année, certains facteurs environnementaux peuvent influencer la croissance d'un poisson. Un ralentissement dans la croissance peut être causé par plusieurs facteurs tels que le stress d'une capture, les maladies (infections, blessures, parasites), la diminution des ressources nutritives, l'augmentation ou la diminution de la température de l'eau. Cette diminution de croissance anormale, qui se traduit par l'apparition de faux anneaux, est souvent considérée, par erreur, comme une année de croissance (Panfili, 2002).

II.3.2. Etude biométrique

Tous les échantillons de poisson ont fait l'objet d'une étude biométrique à savoir :

II.3.2.1. La longueur

Elle est un paramètre métrique utilisé pour étudier la croissance en taille des poissons. Le poisson à mesurer est posé à plat sur le flanc, puis à l'aide d'un mètre ruban on prend deux mesures qui sont :

La longueur totale : qui représente la longueur du poisson de la porte du museau jusqu'à l'extrémité du lobe de la nageoire caudale.

La longueur à fourche : désigne la longueur du poisson de la pointe du museau jusqu'à l'extrémité du rayon médiane de la nageoire caudale.

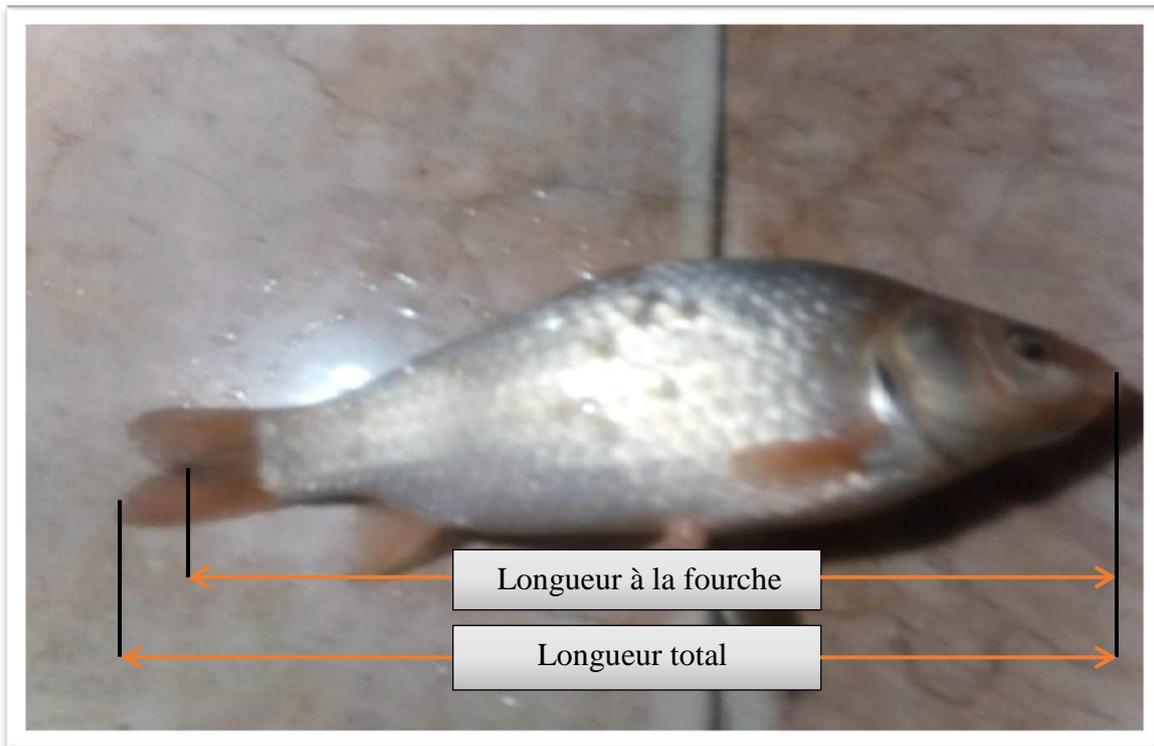


Figure 11 : Longueurs mesurées de poisson (Photo originale, 2021)

II.3.2.2. Le poids : La mesure de la masse des poissons est réalisée à l'aide d'une balance.



Figure 12 : Détermination du poids (Photo originale, 2021)

II.4. Dissection

Après avoir effectué les mesures nécessaires. Les poissons doivent être disséqués. En effet, chaque individu doit être allongé sur le dos avant de commencer la dissection avec une lame en verre, de l'anus jusqu'à la tête.

Pour la dissection des spécimens de poisson nous avons procédé comme suit :

- ❖ Gratter la peau du poisson avec un couteau, pour enlever les écailles ;
- ❖ Séparer la peau de la chair ;
- ❖ Séparer tous les organes internes du corps ;
- ❖ Prélever le muscle dorsal et le foie.



Figure 13 : Enlèvement des écailles (Photo originale, 2021)

II.4.1. Organe à cibler

Dans cette étude, deux organes peuvent être utilisés pour indiquer la qualité du milieu aquatique :

- ❖ Le foie est recommandé comme indicateur de pollution aquatique. Il est considéré comme un organe d'accumulation de certains éléments, un lieu de métallisation, et le principal organe de détoxification (**Bustamante, 2003**).

- ❖ D'après Soudani (**2011**), le muscle a été choisi également pour les raisons suivantes :
 - Il est souvent utilisé dans les programmes de surveillance ;
 - Tissu le plus important en masse chez le poisson, facilitant constitution des échantillons ;
 - Couplage direct possible avec l'interprétation en termes de qualité alimentaire.

II.5. Dosage des métaux

II.5.1. Principe

Cette partie a pour objet de décrire la méthode de dosage des métaux lourds dans les produits de la pêche par spectrophotométrie d'absorption atomique. Le principe de la méthode consiste d'abord en une minéralisation à l'acide de l'échantillon puis un dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique (**Ghalaoui, 2009**).

II.5.2. Minéralisation

La spectrométrie d'absorption atomique suppose que la matière organique des échantillons soit détruite.

La minéralisation a pour but :

- ❖ D'éliminer l'action perturbatrice du substrat protéique.
- ❖ D'ioniser les métaux lourds.
- ❖ D'assurer leur concentration (**Hamitouche et Haderbache, 2017**).

D'après **Chahid (2016)**, les étapes de la minéralisation sont comme suit :

- ❖ Les poissons sont disséqués dans un état semi congelé pour éviter la contamination des parties jointives et la perte du métal à travers les mouvements du fluide. Seule la partie du muscle et le foie est prélevée pour tous les échantillons de poissons ;
- ❖ Les échantillons de poissons décongelés sont broyés et homogénéisés ;
- ❖ Une prise d'essai de 0,5 à 1 gramme est mise dans des blocks de minéralisation en ajoutant 5ml d'acide nitrique 65%, et 2 ml d'eau oxygénée 30% dans le but de détruire toute matière organique ;
- ❖ L'ensemble est mis dans un four à microondes suivant, une température de 185°C et une durée de digestion de 20 minutes ;
- ❖ Le Blanc analytique et le matériau de référence se traitent de la même façon. Dans le cas de l'analyse du foie. le foie est séchée dans un four à 240°C, puis environ 30 mg subissent une minéralisation selon le même protocole expérimental.

II.5.3. Préparation des essais

A la fin de minéralisation et après refroidissement, les échantillons sont retirés du four et le minéralisât est dilué à 50ml avec de l'eau distillée. A ce stade, ces derniers sont prêts à être analysés.

II.5.4. Méthode d'analyse

L'analyse des éléments métalliques dans le foie et le muscle du *Cyprinus carpio* a été réalisée par la spectrophotométrie d'absorption atomique.

Chapitre III :
Résultats et discussions

II. Résultats

La présence dans l'organisme vivant de quantités élevées de métaux lourds, qui existent à l'état de trace dans la nature, sont révélatrices de la pollution du milieu aquatiques (**Bennacer et Boubegtitene, 2016**). La carpe commun (*Cyprinus carpio*) a été utilisé comme bio-indicateur de la présence de ces ETM dans l'écosystème aquatique du barrage Bougara.

III.1. Etude Biométrique

Les caractéristiques biométriques (longueur totale et à la fourche, poids et âge) des différents échantillons de poissons analysées sont présentées.

Tableau 7 : Caractéristiques biométriques des espèces de poisson étudié

| Espèce <i>cyprinus Carpio</i> | Age (ans) | La taille | | Le poids (g) |
|----------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|
| | | Longueur totale (cm) | Longueur à fourche (cm) | |
| A | 9 | 37 | 35 | 827 |
| B | 5 | 30 | 28.5 | 458 |
| C | 4 | 23.2 | 22.5 | 315 |
| D | 2 | 23 | 22 | 242 |

Quatre individus de poissons ont été analysés avec une longueur variant de 37 cm à 23 cm et un poids de 827 g à 242 g.

III.2. Teneurs des métaux lourds (Pb et Cd) dans le foie et le muscle des poissons

Les métaux lourds sont dangereux pour les espèces aquatiques à cause de leur persistance dans l'environnement, leur tendance à la bioaccumulation et surtout leur toxicité (**Tabinda et al., 2010**). Leur cible dans ces espèces est principalement le rein, le foie, les gonades, le muscle, les branchies et le cerveau. Par conséquent, les métaux lourds peuvent affecter non seulement la productivité et les capacités de reproduction mais aussi peuvent causer la mortalité des espèces (**Claire et al., 2005 ; Koffi et al., 2014**).

Le tableau 8 montre les résultats des analyses des éléments traces métalliques analysés dans le muscle et le foie des poissons prélevés dans le barrage.

Tableau 8 : Teneurs moyennes du plomb et du cadmium dans le foie et le muscle de *Cyprinus carpio*

| Les poissons (<i>Cyprinus carpio</i>) | Pb (mg/kg) | | Cd (mg/kg) | |
|--|------------|-----------|------------|-----------|
| | Foie | Muscle | Foie | Muscle |
| A | 14.4±0.17 | 2.55±0.07 | 0.73±0.09 | 0.19±0.01 |
| B | 14.1±0.13 | 2.55±0.5 | 0.92±0.03 | 0.43±0.13 |
| C | 13.95±0.07 | 2.21±0.26 | 0.96±0.06 | 0.35±0.02 |
| D | 13.17±0.11 | 2.47±0.29 | 0.59±0.1 | 0.31±0.16 |

III.2.1. plomb

Le plomb est considéré comme polluant hautement dangereux et non biodégradable, il est cité parmi des métaux lourds les plus toxiques et enregistre des teneurs alarmantes pour la santé publique (EEA, 1997).

Les teneurs en plomb relevées dans le muscle du *Cyprinus carpio* sont comprises entre 2.21 et 2.55 mg/kg. Celles enregistrées dans le foie se situent entre 13.17 et 14.4 mg/kg. Ces résultats sont repris graphiquement.

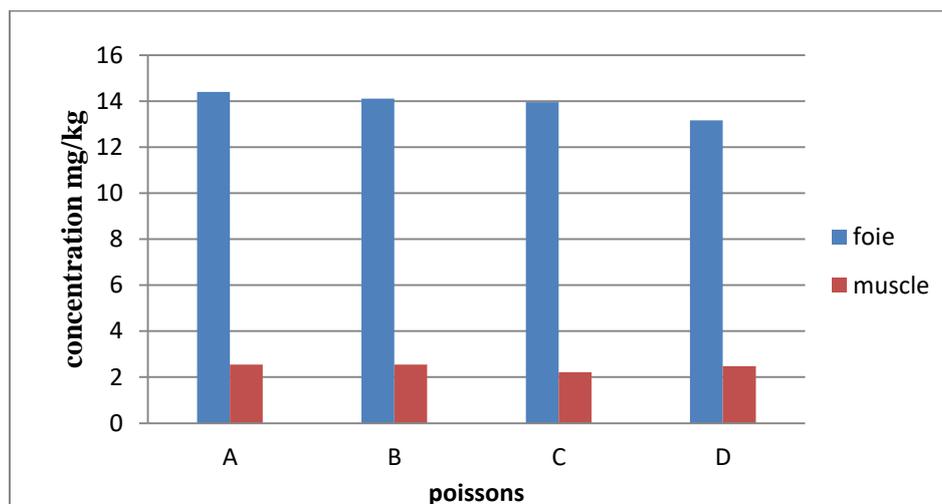


Figure 14 : Concentrations du Pb dans le foie et le muscle de *Cyprinus Carpio*

Le test de comparaison entre les concentrations du Pb dans le foie et dans le muscle est présenté dans le tableau qui suit.

Tableau 9 : Test de comparaison entre les concentrations du Pb dans le foie et le muscle chez *cyprinus carpio*.

| | Moyenne foie | Moyenne muscle | t observé | Degré de liberté | probabilité | Écart type Foie | Ecart-type Muscle |
|----------------|--------------|----------------|-----------|------------------|-------------|-----------------|-------------------|
| Fois vs muscle | 13,90875 | 2,450000 | 41,62967 | 6 | 0,000000 | 0,526836 | 0,159699 |

Nous observons que la concentration en Pb dans le foie est sept fois plus que dans le muscle. Donc l'accumulation de plomb est différente d'un organe à l'autre et le foie est l'organe le plus accumulateur que le muscle. Dans ce cas le foie est contaminé avec 13.9 ± 0.52 mg/kg contre 2.4 ± 0.15 mg/kg dans le muscle.

III.2.2. Cadmium

Au niveau du muscle, les concentrations moyennes de Cadmium varient de 0.19 à 0.43mg/kg et au niveau du foie de 0.59 à 0.96 mg/kg.

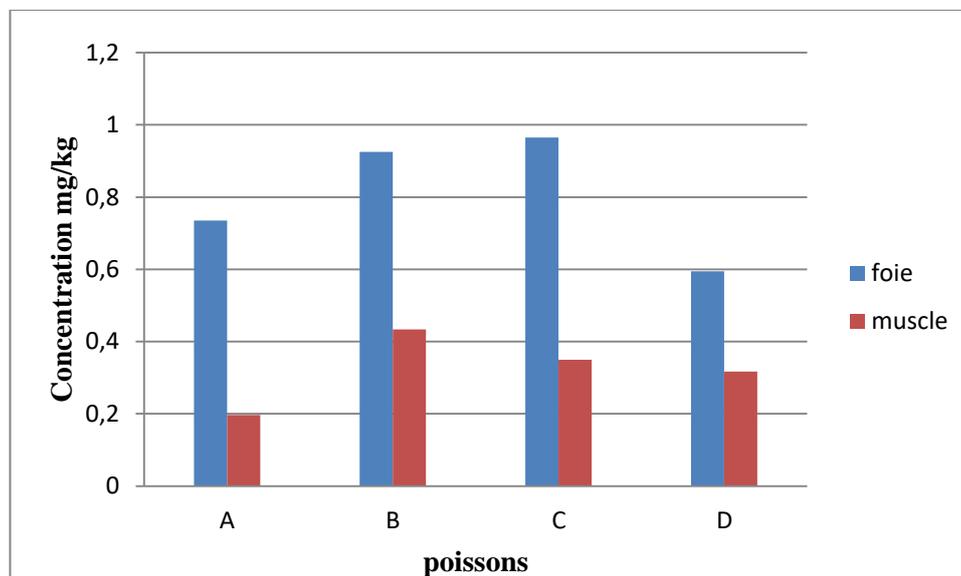


Figure 15 : Concentrations de Cd dans le foie et le muscle de *Cyprinus Carpio*

Le test de comparaison entre les concentrations du Cd dans le foie et dans le muscle est présenté.

Tableau 10 : Test de comparaison entre les concentrations du Cd dans le foie et le muscle chez *Cyprinus carpio*.

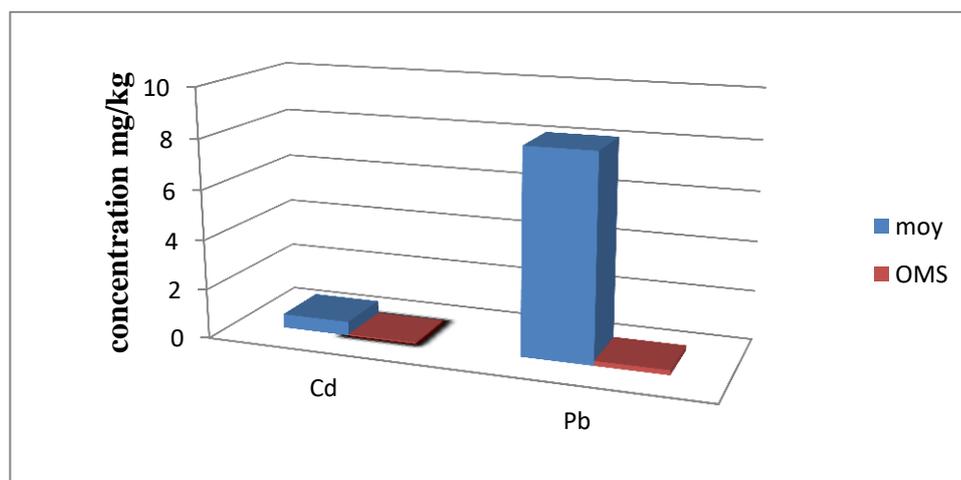
| | Moyenne foie | Moyenne muscle | t observé | Degré de liberté | probabilité | Écart -type foie | Ecart-type Muscle |
|----------------|--------------|----------------|-----------|------------------|-------------|------------------|-------------------|
| Fois vs muscle | 0,805000 | 0,324167 | 4,851024 | 6 | 0,002849 | 0,172240 | 0,098145 |

Nous observons que la concentration en Cd est augmentée dans le foie et moins dans le muscle. Donc le cadmium n'est pas accumulé de la même manière dans ces organes. Le foie semble contenir plus de contaminants avec 0.8 ± 0.17 contre 0.32 ± 0.09 mg/kg dans le muscle.

III.3. Comparaison avec les normes OMS

L'accumulation des ETM peut provoquer de sérieux problèmes dans l'environnement. Cette contamination pourrait affecter la qualité de l'eau, la bio assimilation et bioaccumulation de ces xénobiotiques dans les organismes aquatiques (**Bodiguel, 2008**). Ces derniers sont capables d'éliminer une certaine partie via l'excrétion et la métabolisation, mais au-delà d'une certaine quantité, les métaux s'accumulent dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire, atteignant des concentrations pouvant menacer la survie de certaines populations naturelles et présenter des dangers pour la santé humaine (**Liehr et al., 2005**).

A partir de ça et lors de cette étude, en comparant les concentrations moyennes en métaux lourds chez la carpe commun avec les normes recommandé (**OMS, 2012**).

**Figure 16 :** Comparaison des teneurs en métaux lourds (Pb et Cd) chez cyprinus carpio par rapport les normes d'OMS

Nous pourrions déduire que les valeurs enregistrées dans la carpe restent élevées par rapport aux valeurs critiques de contamination :

- Les teneurs en Pb dans le foie et le muscle sont en moyenne de 8.17 ± 6.13 , cette valeur dépasse la norme (0.2mg/kg) (OMS, 2012).
- Les teneurs en Cd à une moyenne de 0.56 ± 0.28 plus que la norme qui est (0.05mg/kg) (OMS, 2012).

III.4. Effet des paramètres physiologiques sur la bioaccumulation

III.4.1. Effet sur le plomb

III.4.1.1. Cas de foie

III.4.1.1.1. Effet de l'âge

La figure 5 montre que la teneur de Pb est toujours en augmentation avec l'âge du poisson.



Figure 17 : Evolution des teneurs en Pb dans le foie en fonction de l'âge chez *Cyprinus carpio*

III.4.1.1.2. Effet de taille

D'après la figure 18, à noter que plus la longueur élevée, plus que l'accumulation de plomb est importante.

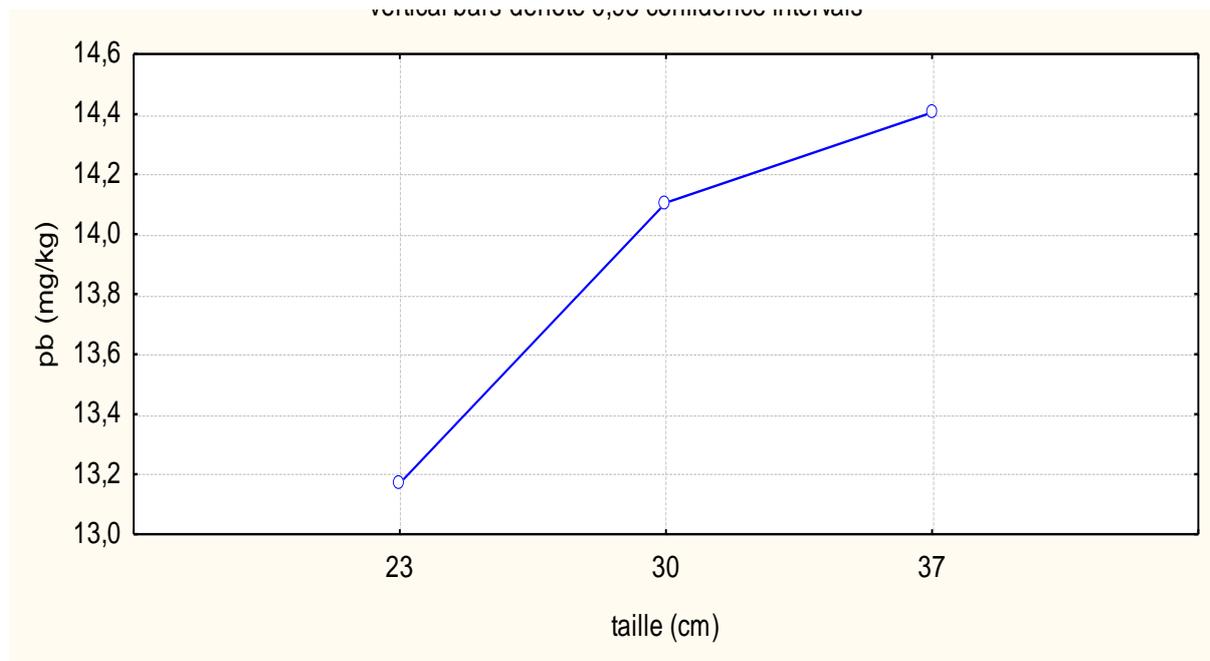


Figure 18 : Evolution des teneurs en Pb dans le foie en fonction de taille chez *Cyprinus carpio*

III.4.1.1.3. Effet de poids

La figure 19 montre que les plus grandes concentrations en plomb se trouvent dans les poissons qui pèsent plus.

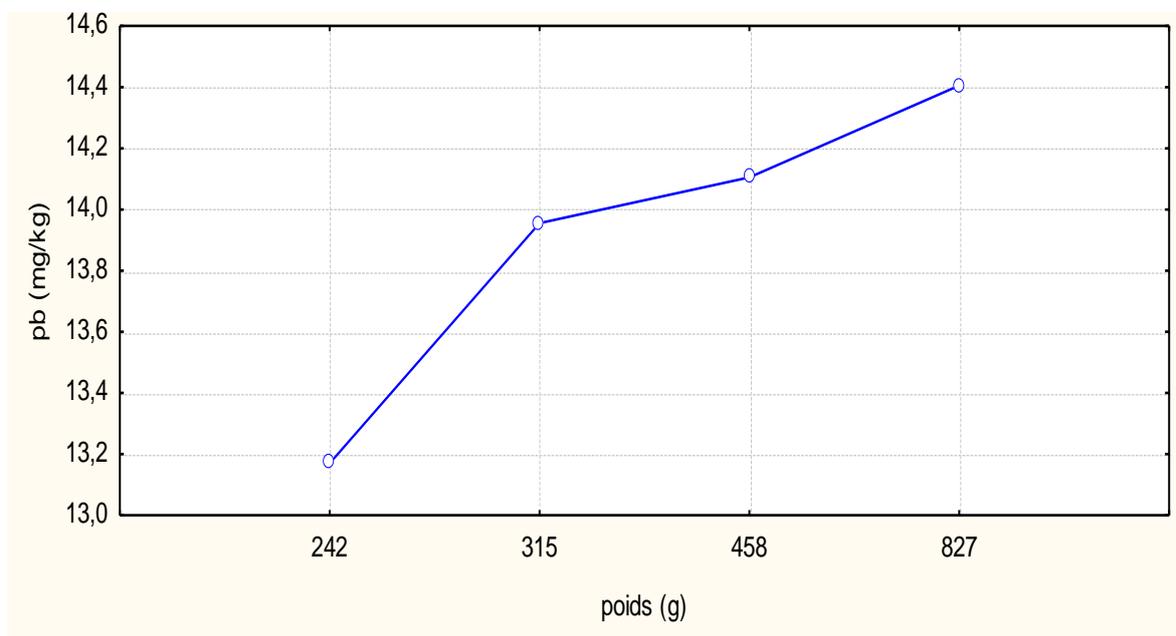


Figure 19 : Evolution des teneurs en Pb dans le foie en fonction de poids chez *Cyprinus carpio*

III.4.1.2. Cas de muscle

III.4.1.2.1. Effet de l'âge

D'après la figure 20, on constate que la concentration de Pb diminue chez les jeunes puis commence à augmenter progressivement jusqu'à s'établir à un certain âge.

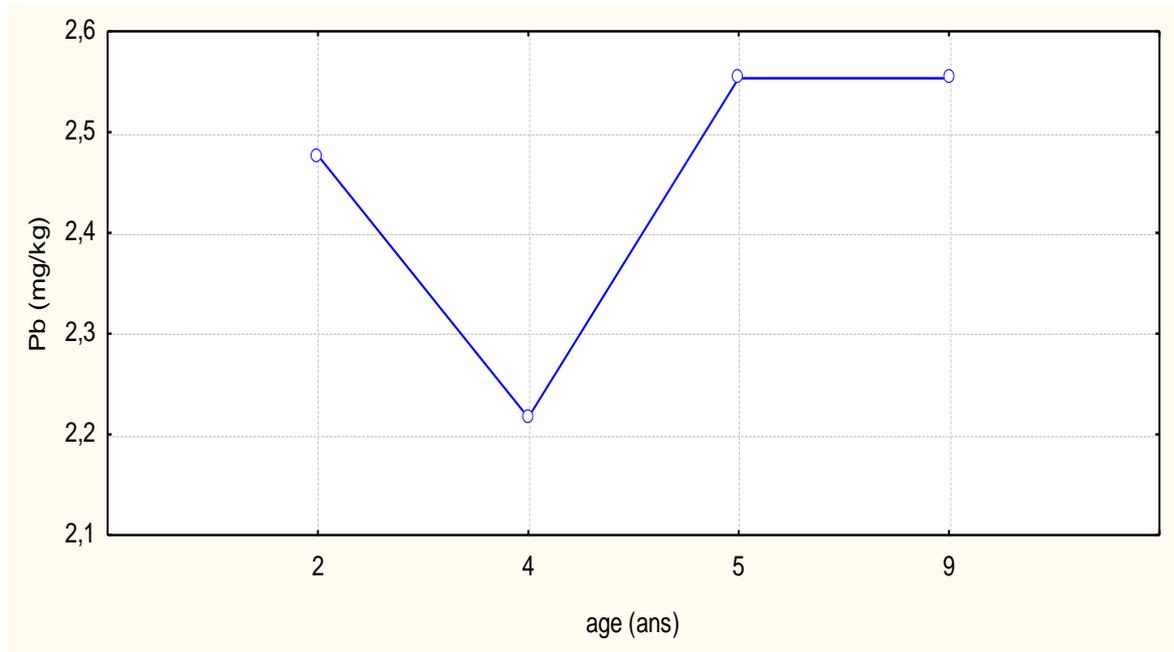


Figure 20 : Evolution des teneurs en Pb dans le muscle en fonction de l'âge chez *Cyprinus carpio*

III.4.1.2.2. Effet de taille

Après avoir augmenté la concentration dans la figure 21, celle-ci est fixée à une certaine valeur de taille.

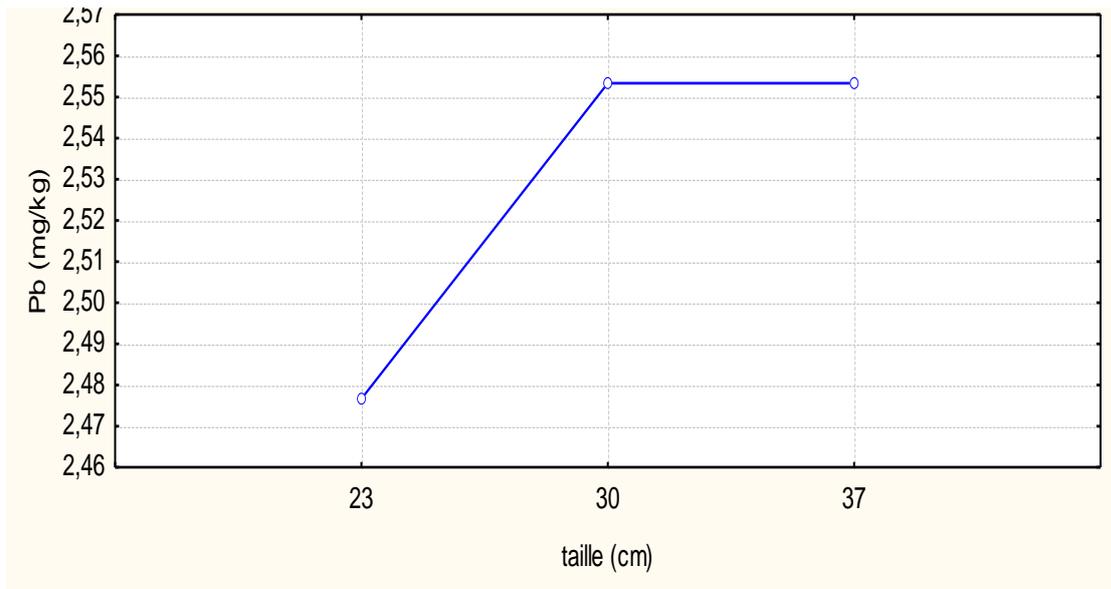


Figure 21 : Evolution des teneurs en Pb dans le muscle en fonction de taille chez *Cyprinus carpio*

III.4.1.2.3. Effet de poids

La figure 22 montre que la teneur en Pb est diminuée pour les poissons qui pèsent moins, mais en suite elles augmentent puis reste constante.

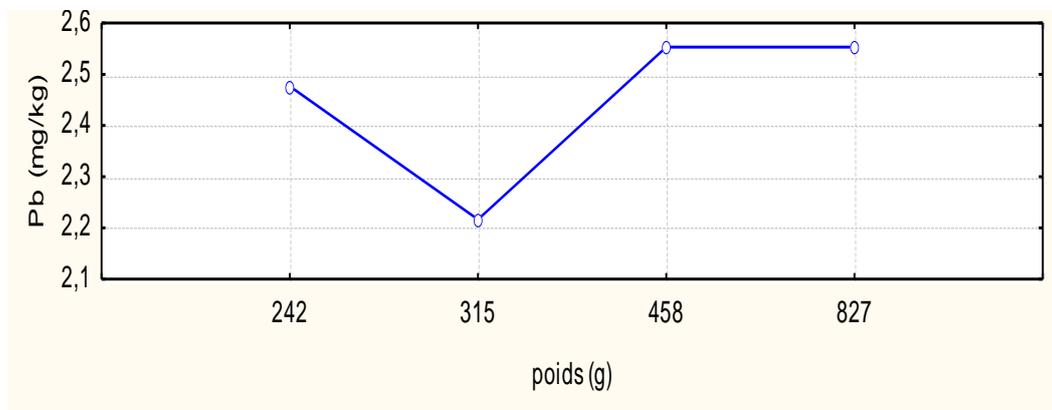


Figure 22 : Evolution des teneurs en Pb dans le muscle en fonction de poids chez *Cyprinus carpio*

III.4.2. Effet sur le cadmium

On note que la concentration de cadmium est caractérisée par le fait que sa teneur est augment puis diminue progressivement, malgré la différence dans l'organe, ainsi la différence de l'effet d'un paramètre physiologique.

III.4.2.1. Cas de foie

III.4.2.1.1. Effet de l'âge

La figure 23 montre que la teneur de Cd est en augmentation avec l'âge puis elle est diminuée.



Figure 23 : Evolution des teneurs en Cd dans le foie en fonction de l'âge chez *Cyprinus carpio*

III.4.2.1.2. Effet de taille

D'après la figure 24, les teneurs en cadmium est en augmentation avec la taille après va diminue progressivement.

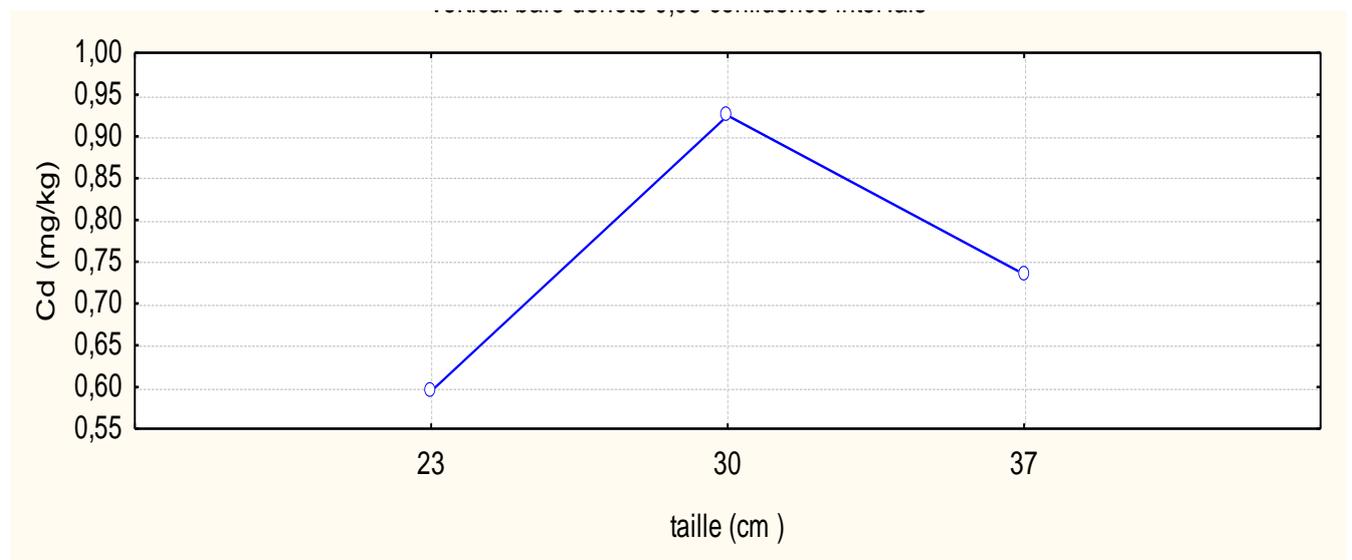


Figure 24 : Evolution des teneurs en Cd dans le foie en fonction de taille chez *Cyprinus carpio*

III.4.2.1.3. Effet de poids

On constate dans La figure 25 que le cadmium augment dans le foie mais diminue à un certain poids.

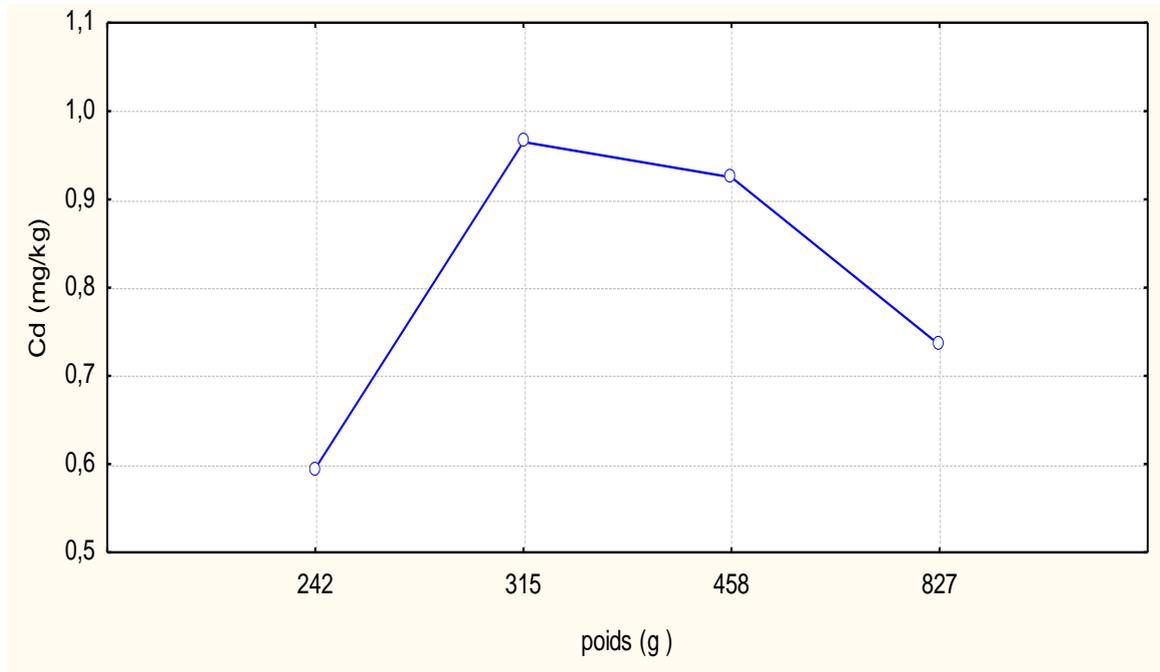


Figure 25 : Evolution des teneurs en Cd dans le foie en fonction de poids chez *Cyprinus carpio*

III.4.2.2. Cas de muscle

III.4.2.2.1. Effet de l'âge

Nous observons dans la figure 26 que les poissons juvéniles augmentent beaucoup plus le cadmium que les poissons adultes en termes d'âge.

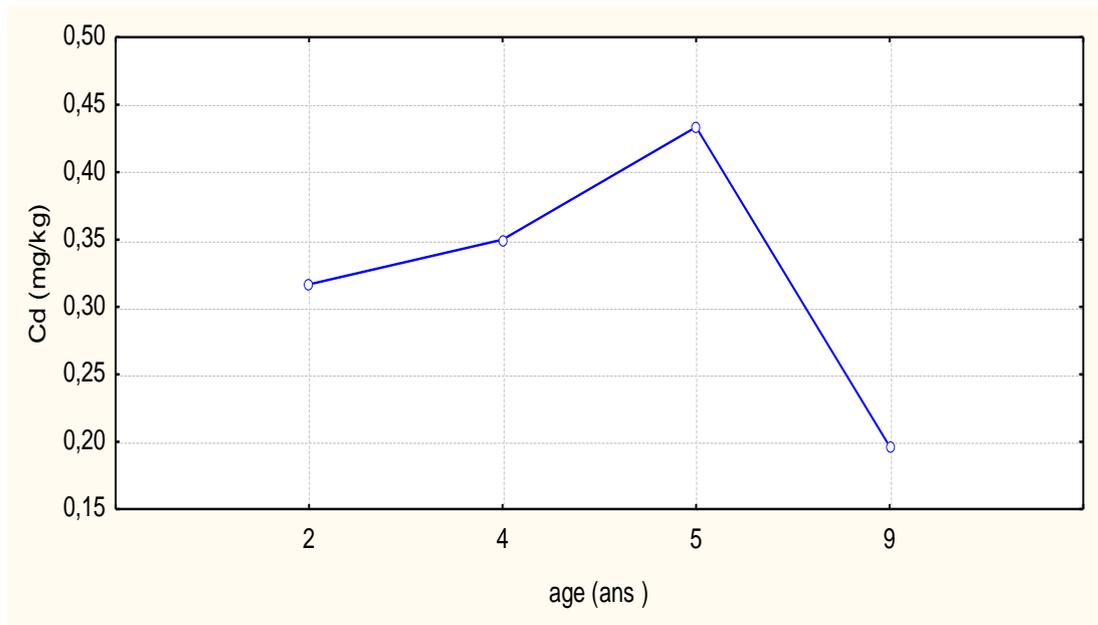


Figure 26 : Evolution des teneurs en Cd dans le muscle en fonction de l'âge chez *Cyprinus carpio*

III.4.2.2.2. Effet de taille

D'après la figure 27 qui représente le changement de longueur en termes de concentration de cadmium. On l'on remarque que sa concentration est augmentés puis diminuée à certaine taille.

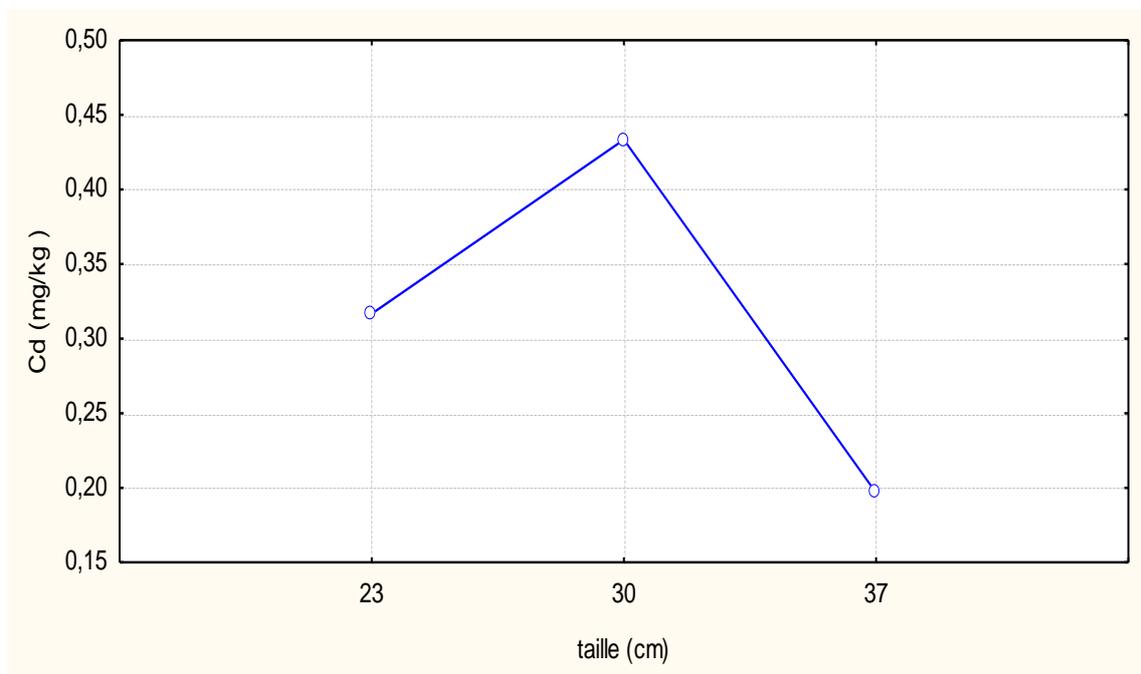


Figure 27 : Evolution des teneurs en Cd dans le muscle en fonction de taille chez *Cyprinus carpio*

III.4.2.2.3. Effet du poids

La figure 28 montre que la teneur en Cd est augment pour les poissons qui pèses moins, mais en suit elle diminue.

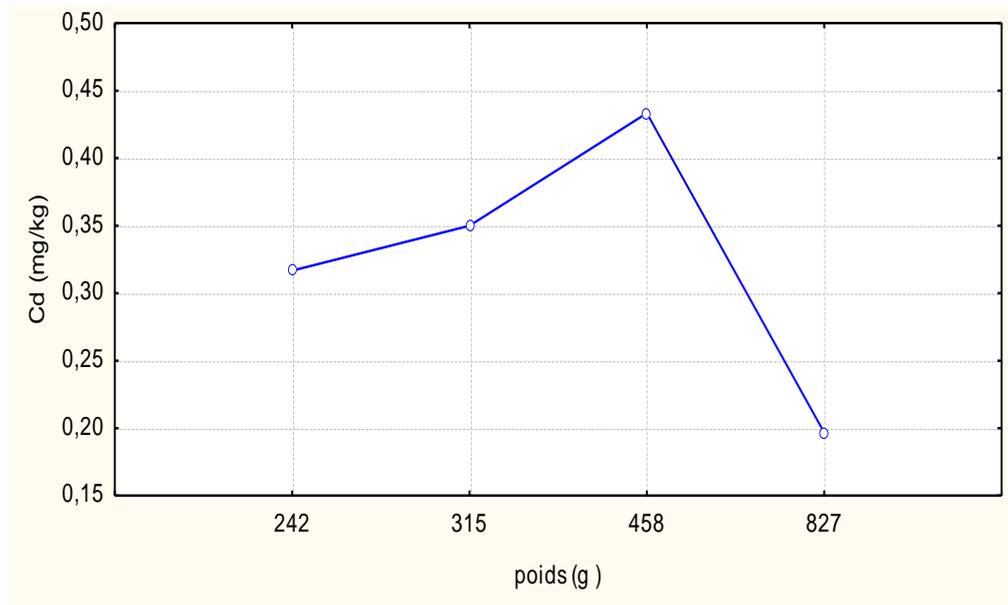


Figure 28 : Evolution des teneurs en Cd dans le muscle en fonction de poids chez *Cyprinus carpio*

III.2. Discussion

Dans l'environnement aquatique, les éléments traces peuvent s'accumuler dans les organismes à des concentration supérieures à celles présentes dans l'eau causant une détérioration générale de ces écosystèmes, phénomène qui a été identifié dans les derniers décennies (Boutiba et al., 2003 ; Tahiri et al., 2005 ; Dehn et al., 2006).

Les poissons sont une partie importante de l'alimentation humaine et il n'est donc pas surprenant que de nombreuses études ont été menées sur la pollution par les métaux chez différentes espèces de poissons comestibles (Henry et al., 2004).

Généralement, l'analyse des concentrations des ETM dans les tissus de poissons constitue un aspect très important pour la compréhension de leur devenir et doit prendre en compte l'influence possible des variables telles que la taille, l'âge, la saison et même l'état de santé des organismes (Boudine et al., 2007 ; Bodiguel, 2008).

La bioaccumulation des métaux dans les différents organes de poissons a fait l'objet de plusieurs travaux d'études. Le foie et le muscle sont les organes les plus primordiaux de point de vue toxicologique en raison de leur rôle dans les phénomènes de métabolisation et d'accumulation (Borsali, 2014).

Les résultats d'analyse toxicologique des métaux lourds chez l'espèce *Cyprinus carpio* de barrage Bougara montré que cette espèce a un pouvoir accumulateur vis-à-vis les métaux lourds.

Les poissons accumulent des concentrations importantes de plomb avec une concentration moyenne de 8.17 ± 6.13 mg/kg. Le cadmium présent une teneur moyenne de 0.56 ± 0.28 mg/kg.

Puisque les textes réglementaires régis par l'OMS (2012), ne rapportent des seuils de la contamination des poissons par le plomb (0.2 mg/kg) et par le cadmium (0.05 mg/kg) alors que nos résultats dépassent les normes pour le plomb et pour le cadmium. Donc l'espèce est contaminée par les métaux lourds.

D'après la DRH de Tissemsilt (2016), on observe des résultats non similaires avec non résultats. Ont montré que les teneurs moyennes de plomb et de cadmium sont généralement moins que les normes d'OMS ($Pb < 0.003$ et $Cd < 0.003$ µg/g). Donc aucune contamination métallique n'a été signalée pour l'ensemble des poissons analysée.

Le cadmium est provoqué des effets toxiques graves dans les organismes aquatiques à des concentrations basses. L'effet toxique du plomb (Pb) dépend du cycle de vie du poisson, du pH, de la dureté de l'eau et de la présence des matières organiques. Le Pb est classé parmi les métaux les plus toxiques pour l'homme et pour les animaux. Il ne montre pas d'accumulation le long de la chaîne alimentaire pour les organismes aquatiques. Il n'a aucun rôle connu dans les systèmes biologiques (Amiard-Triquet et al., 1988 In Borsali, 2014).

Le test statistique ANOVA a montré que l'accumulation des métaux lourds est significativement différente entre les organes c'est-à-dire la concentration des métaux lourds étudiée sont nettement supérieurs dans le foie par rapport le muscle. D'après Farkas et al., 2003, la concentration des métaux dans le foie, indique le stockage de ces métaux. La faible teneur obtenue dans le muscle est significative car le muscle est un organe de métabolisation (Mohamed et al., 2013).

Les différences des concentrations entre les organes varient selon un ordre de grandeur. Ces variations peuvent provenir des fonctions physiologiques des différents organes. Le foie est souvent recommandé comme un organe cible lors du contrôle des concentrations en métaux dans les milieux aquatiques. Cependant, le muscle est généralement analysé car c'est la partie principale du poisson consommée par les humains et elle est impliquée dans les risques sanitaires (El Morhit et al., 2013).

Une étude récente fait en 2019 au barrage Koudiet Medouar (Batna) a confirmé la bioaccumulation de cadmium chez *Cyprinus carpio*. Des résultats similaires du Smatti et al.,

ont montré que le Cadmium est détecté au niveau des organes avec une concentration moyenne de 0.55 ± 0.53 mg/kg dans le foie et une concentration moyenne de 0.28 ± 0.14 mg/kg dans le muscle.

La même observation a été retenue chez la majorité des études. Cependant **Hamitouche et Haderbache, 2017**, il est remarqué aussi que le poisson *cyprinus carpio* accumule des concentrations élevées dans le muscle pour le plomb avec une teneur moyenne de 24.835 mg/kg, mais au contraire pour le cadmium (l'élément le plus toxique) qui est totalement absent dans le muscle.

Il est de la plus haute importance de noter que, bien que les muscles fournissent relativement une faible teneur en métaux du fait de leur faible activité métabolique, ils peuvent servir d'indicateur biologique circonstanciel en raison de sa masse par rapport aux autres organes comme le foie et les branchies (**Chaffai, 1993**).

Les concentrations élevées de métaux lourds dans les organes des poissons pêchés dans la zone d'étude sont probablement dues aux eaux usées.

Les concentrations moyenne en élément métaux traces se sont révélées très hétérogène et varient selon les paramètres physiologiques et biologiques pris en considération (organe, taille, mois, sexe...). Ce constate correspond étroitement avec l'affirmation de **Wang et Fisher, 1997**, car les paramètres biologiques contribuent énormément dans la variabilité de la bioaccumulation des métaux lourds.

L'âge, la taille et le poids peuvent affecter l'accumulation des métaux traces dans les poissons (**storelli, 2005 In Soudani, 2011**). Concernant le plomb et l'effet de l'âge, son résultat montre que les poissons adultes accumulent plus les deux ETM que les juvéniles. On explique ces résultats que le temps d'imprégnation qui augmente avec l'âge et qui a un effet sur l'accumulation d'ETM lorsque les concentrations des métaux sont très élevées dans l'eau (**Ennouri et al., 2013**).

Des concentrations des métaux plus élevées présentes chez les jeunes espèces reflètent généralement du temps court de l'accumulation de ces métaux dans les poissons, combiné avec le taux plus élevé de métabolisme par rapport aux organismes adultes (**Cossa et al., 1992**). Bien que la teneur en métal dans le poisson soit généralement spécifique à une espèce (**Gaspic et al., 2002**).

Pour le Cd, la concentration diminuait dans les organes avec l'âge, cette aptitude à la diminution de la concentration de ce métal, dans les gros poissons, a été soulignée dans les travaux de **Pourang et al., 2005**. Cette tendance à la diminution de la concentration explique

par le fait que ceci serait dû à l'effet de dilution avec la croissance, et l'échange d'ions dans les milieux du poisson.

Les tissus cibles du Cd comprennent les barrières biologiques (branchies, tractus digestif) et les organes de détoxification (rein et foie). Le muscle n'apparaît pas comme un site de stockage de cet élément (**Veron, 1990**). Chez les poissons, le cadmium peut troubler l'équilibre ionique en modifiant la perméabilité des membranes cellulaires (**Ifremer, 2003**).

En effet, les éléments traces peuvent traverser les membranes plasmiques soit par la diffusion passive soit par le transport actif via des pompes ioniques des ions vitaux (**Monod, 2001**).

La corrélation entre les concentrations du métal et la taille de l'espèce dépend de plusieurs facteurs, tel que

- ❖ Le métabolisme du métal spécifique dans les poissons et le type de tissu considéré,
- ❖ La concurrence entre les effets du vieillissement et la croissance tissulaire
- ❖ La disponibilité du métal dans l'environnement (**Evans et al., 1993**).

Nos résultats est comparable à ceux trouvé dans l'étude de **Oudant et al., 1989** *In Soudani 2011*, ont montré que chez la morue pour laquelle les classes de tailles (20 à 50cm) sont très différents. Les concentrations en métaux augmentent toujours avec la taille. Ces résultats sont similaires avec nos résultats et sont expliqués toujours par le rôle de foie.

En général, les variations interspécifiques des teneurs en éléments traces confirment le fait que la bioaccumulation dépend de l'espèce considérée donc de sa capacité physiologique d'assimilation et d'excrétion de l'élément trace ingéré et de son anatomie (taille, nature des téguments, surface de contact avec l'eau, etc.) (**Miquel, 2001 ; Casas, 2005**). Toutefois, la bioaccumulation dépend aussi de l'élément trace concerné (taille moléculaire, Évaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces).

Conclusion

Conclusion

La pollution par les métaux lourds est due principalement aux activités humaines. Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié le pouvoir accumulateur du poisson et le profil de contamination du barrage Bougara, par le dosage des métaux lourds dans le foie et le muscle du *Cyprinus carpio*.

Les ETM étudiée (cadmium et plomb) sont accumulés dans les organes du poisson avec des concentrations importantes qui dépassent les normes d'OMS, dont le plomb avec une concentration moyenne de $(8.17 \pm 6.13 \text{ mg/kg})$ et le cadmium avec une teneur moyenne de $(0.56 \pm 0.28 \text{ mg/kg})$. Le Cd et Pb sont considérés comme des polluants hautement dangereux et non biodégradables et toxiques.

Par rapport aux organes, les résultats trouvés ont montré que les ETM sont aussi bien accumulés au niveau du foie que du muscle du *cyprinus carpio*, ce qui témoigne de la présence des micropolluants ciblés chez les poissons prélevés avec :

Un ordre accumulateur $\text{Pb} > \text{Cd}$ et un organotropisme Foie $>$ Muscle.

La taille des individus à une influence sur le niveau de contamination par les métaux lourds chez cette espèce, Ainsi, on a constaté que les juvéniles du carpe sont les plus contaminés, ceci est sans doute lié aux conditions éthologiques, au régime nutritionnel et aux changements physiologiques qui varient selon le stade de développement des individus.

La variation des teneurs des ETM pourrait être attribuée aux processus physiologiques, notamment ceux de la reproduction ainsi qu'à la variation de certains facteurs de l'environnement (salinité, température) qui auraient un rôle dans la biodisponibilité de ces métaux lourds. Mais aussi la taille et l'âge des poissons pourraient avoir une influence sur les concentrations des contaminants dans les différents tissus de poissons indépendamment exposés aux polluants.

L'origine de ces métaux dans le barrage est avant tout naturelle, accentuée par les activités anthropiques au sein du bassin versant.

En termes de perspectives au vu des résultats obtenus à partir du bio-indicateur biologique, permettent une évaluation de l'état de contamination par le plomb et le cadmium, nous estimons qu'il serait pertinent de :

- ✓ Refaire des études en analysant l'eau, afin d'avoir une conclusion certaine, quant à la contamination de ces eaux par les métaux lourds qui n'a pas été analysée pour des raisons budgétaires.
- ✓ Eviscérer les poissons avant la consommation cela contribue à réduire la concentration en métaux lourds.
- ✓ Il est important d'abandonner certaines pratiques culturelles telles que l'utilisation abusive des produits phytosanitaires.
- ✓ Instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution et de leur effet sur l'environnement.
- ✓ Obligeant les divers industriels existants à se doter de système de traitement de leurs eaux.
- ✓ Le recyclage et la réutilisation des déchets.

Référence

Bibliographique

Références bibliographiques

A

- ❖ **ADE**, 1998. Agence de l'eau. Les bryophytes aquatiques comme outil de surveillance de la contamination par les micropolluants métallique : concept, méthodologie et interprétation des donnée.145p.
- ❖ **Adjagodo, A. Kelomè, N. Vissin, E.** 2017. Pollution Physique Et Bactériologique De L'eau Du Fleuve Dans La Basse Vallée De L'ouémé Pendant Les Périodes De Basses Et Hautes Eaux Au Bénin. European Scientific Journal, ESJ : 13pp.
- ❖ **Ahmed, A.** 2015. Contribution à l'étude de l'effet de l'irrigation en eaux usées épurées du barrage Bougarra sur le rendement de l'orge (*hordeum vulgar L*) (Saïda 183) dans le périmètre agricole de Tissemsilt. Mémoire de master. Spécialité : conservation et d'amélioration de l'agro-diversité végétale. Université Ibn Khaldoun-Tiaret : 60pp +annexe.
- ❖ **Ait ziane, K et Bouyahia, N.** 2012. Cycle biogéochimique de quelques métaux lourds dans les eaux côtières du golfe de Bejaia. Mémoire de Master. Environnement et santé public. Université de Bejaia : 62pp.
- ❖ **Ali, Z. Yousafzai, A. Sher, N. Ijaz, M. Nayab, G. Aqeel, A. Touheed Shah, S. Michael, A. Khan, I. Khan, H.** 2021. Toxicity and bioaccumulation of manganese and chromium in different organs of common carp (*Cyprinus carpio*) fish. Toxicology Reports. Volume 8 : 343-348.
- ❖ **Amiard-Triquet, C., Pinneau, A., Boiteau, H-L., Metayer, C.** 1987. Application de la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique Zeeman au dosage de 8 éléments traces (Hg, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se) dans les matières biologiques solides. Waters, 21 (6), 693-697
- ❖ **ANBT** ,2011. Barrages d'Algérie : colonel Bougara.
- ❖ **Askri, B. Daho, O. Bensahla Talet, L. Bensahla Talet, A** .2013. Relations biométriques chez la carpe commune (*Cyprinus caprio*) pêchée dans le barrage Dahmouni (W. Tiaret). 3 éme Colloque International sur la Biodiversité et Ecosystèmes Littoraux : 7p.
- ❖ **Atolage, B et Arenu, M.** 2007. Bioaccumulation of some trace elements in the body parts of fish species associated with soil sediment and water from Eoemagania confluence in Nasarawa state, Nigeria.

B

- ❖ **Balon, E.-K.** 1974. Origin and domestication of the wild carp (*Cyprinus carpio*): from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture* n° 129 : 3-48.
- ❖ **Barnabas K et Carl M.** 2009. contribution à l'évaluation de la contamination par les métaux lourds, de trois espèces de poissons, des sédiments et des eaux du lac tchad. *Alimentation et nutrition* : 70p.
- ❖ **Barnaud G et Hervio J.-M.** 2002. La faune des zones humides, un bestiaire incomplet. *Zones Humides Infos*, 38 : 2-5.
- ❖ **Barré, L.** 2005. Source de pollution atlantique. *be* : 3p.
- ❖ **Barry, R. Taylor, I. Sanderson, J. Lafontaine, C.** 1998. Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière LIARD. Rapport sommaire division des ressources hydraulique affaires indiennes et du Nord Canada Yellow knife (T.N.O) : 79p.
- ❖ **Belabed, B.** 2010. La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba Sources de contamination des écosystèmes aquatiques. Thèse de doctorat. Option : Biologie et physiologie des organismes marins. Université Badj Mokhtar. Annaba : 199pp.
- ❖ **Belaud, A.**, 1996. Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive. Cépaduès Editions, collection Polytech : 207p.
- ❖ **Benbrahim, I. Menouer, T. Serriser, K.** 2012. Biosurveillance de la qualité des eaux dans les mares temporaires sur trois routes principales de la wilaya de Tiaret (Dahmouni, Sougueur, Mellakou) : dosage des métaux lourds (Pb, Zn, Cu). Mémoire de fin d'étude. Option : pathologie des écosystèmes. Université Ibn Khaldoun Tiaret : 60pp.
- ❖ **Benkaddour, B.** 2018. Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de doctorat en chimie. Université de Mostaganem : 193pp+ annexe.
- ❖ **Bennacer, S et Boubegtitene, M.** 2016. Utilisation du Merlu du golfe de Bejaïa dans l'évaluation de la pollution par quelque Métaux lourds (Fe, Cu, Cd, Pb). Mémoire de master en Option : Environnement santé publique. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa. 67p.
- ❖ **Billard, R.** 1997. Les Poissons d'eau douce des rivières de France, Delachaux et Niestlé : 187 p.

- ❖ **Billards, R.** 1995. Les carpes biologie et élevage. Institut National de la Recherche Agronomique. INRA, Paris : 376p.
- ❖ **Biney, C-A-T. Amazu, D. Calamari, M. Kaba, I. Mbom, L.,** 1994. Review of heavy metals in the african aquatic environment. *Ecotoxicol and Env. Safety* : 159p.
- ❖ **Biney, C., Amazu, A-T., Calamari, D., Kaba, N., Mbome, L., Naeve, H., Chumba, O., Osibanjo, O., Radegonde, V., Massad, A.H.S.** 1991. Etude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique africain. Rapport de la troisième session du groupe de travail sur la pollution et les pêches Accra, Ghana, 25-29, novembre 1991.
- ❖ **Bodiguel, X.** 2008. Caractérisation et modélisation des processus de bioaccumulation des PCB chez le merlu (*Merluccius merluccius*) du golfe du Lion. Thèse Doctorat. Université Montpellier I. 190 p
- ❖ **Borsali, S.** 2014. Evaluation de la contamination métallique dans trois organes (foie, gonades et muscle) du rouget de roche (*Mullus Surmuletus L*, 1758). Par quatre métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) pêché dans la baie d'Oran. Thèse Doctorat. Université d'Oran, Alger. 202 p.
- ❖ **Boucheseiche, C.** 2002. Guide technique n°7. Pollution toxique et éco toxicologie : notion de base. Lyon, agence de l'eau Rhône- méditerranée-Corse : 83p.
- ❖ **Boutiba, Z., Teleb, M-Z., Abi-Ayad S.** 2003. Etat de la pollution marine de la côte oranaise. Edition : Dar El-Gharb. Oran. 69
- ❖ **Bustamante, P.** 2003. Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen Islands. *Science of the total environment*, 313(1) : p. 25-39.

C

- ❖ **Canli, M, et Alti, G.** 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, Cr) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*: 136 p.
- ❖ **Canli, M., Kalay, M.** 2001, Metal (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, Cr, Ni) Concentrations in tissues of a Fish *Sardina pilchardus* and a Prawn *Peaenus japonica* from three Stations on the Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* : 100p.
- ❖ **Carpene, E., Vasak, M.,** 1989. Hepatic Metallothionein from Goldfish (*Carassius auratus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*,. 92B: p. 463-468.

- ❖ **Certu.** 2004.comparaison de méthodes d'analyse des éléments traces métalliques ETM Des hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP sur les sols et les végétaux. Environnement / Eau et Sols N°01 80 00695 :121p.
- ❖ **Chaffai, H.** 1993. Etude de la bioaccumulation métallique et des méthotionneines chez les poissons de la côte de Sfax pour le sud. Tunisie, 157p. (Maroc) D.S.T, 61,8-17.
- ❖ **Chahid, A.** 2016. Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires. Thèse de doctorat. Spécialité : Chimie appliquée : 191p.
- ❖ **Chartier, M.** 1974. Les types de pollutions de l'eau. *In* : Norois, n°82, 183-193 pp.
- ❖ **Chebel, F.** 2013. Etude de quelques paramètres éco-biologiques de *Tilapia zillii* (Pisces, Cichlidae) de la région de Djemaa (W. El Oued). Thèse de magister, ENSSMAL : 88p.
- ❖ **Chen, C-Y., Stemberger, R., Klaueb, S., Blum J-D., Pichardt, C., Folt C-L.** 2000: Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes. *limnol oceanorg.*, 45(7):1525-1536.
- ❖ **Cherabi, O.**, 1987. Contribution à l'étude du pageot : *Pagellus erythrinus* (Linné, 1758) et à l'écologie de la famille des sparidés de la baie d'Alger. Thèse de magister, USTHB, 203 p.
- ❖ **Chouti, w. Mama, D. Changotade, O. Alapini, F. Boukari, M.** 2010. Etude des éléments traces métalliques contenus dans les sédiments de la lagune de Porto-Nowo (sud Bénin).
- ❖ **Claire, L. Feix, C. François, L.** 2005. Contamination des Sols. Transferts des Sols Vers les Animaux. Ed Sciences/ Ademe : 216.
- ❖ **Cossa, D., Auger, D., Averty, B., lucon, M., Masselin, P., Noel, J.** 1992.flounder (plattichthys flesse) muscle as an indicator of metal and organochlorine contamination of french atlantic coastal waters. *Ambio* 21 :176-82.

D

- ❖ **David,T.** 2012. La référence francophone dédiée à la pêche en eau douce. : la carpe commun (*Cyprinus carpio*). Ed Billouttes.

- ❖ **Dehn, L-A., Follmann, E-H., Thomas, D-L., Sheffield, G., Rosa, C., Duffy, L-K.** 2006. Relations trophiques dans un réseau trophique arctique et implications pour le transfert de métaux traces. *Science de l'environnement total*. 362 (1): 103–123.
- ❖ **DHWT.** 2009. « Rapport technique : Levés bathymétriques des barrages en exploitation barrage colonel Bougara wilaya de Tiaret »
- ❖ **Dione, C., Diagne, I., Ndiaye, M., Diebakate, C., Birame, N., Diop, A.** 2018. Contamination métallique d'une espèce de Poisson (*Brama Brama*) de la côte Dakaroise. *European Scientific Journal*. Vol.14, No°12 : 374p.
- ❖ **Dixon, D-G et Sprague, J.** 1981. copper bioaccumulation and hepatoprotein synthesis.
- ❖ **Djemali, I.** 2005. Evaluation de la biomasse piscicole dans les plans d'eau douce tunisiens : Approches analytique et acoustique. Thèse de DOCTORAT en sciences agronomiques spécialité : Halieutique. Institut national agronomique de Tunisie. 190 p
- ❖ **Duchaufour, P.** 1983. Pédogénèse et classification. In: *Pédologie*, tome 1, 2e édition. – Paris : Masson : 477 p.
- ❖ **Duborgel, M.** 1955. La pêche et les poissons de rivière. S.I., livre de poche, 375p.

E

- ❖ **E.E.A.,** 1997. Inter-regional forum. 2nd meeting report of European marine convention. Rome, 6-7 November 1997. Doc. European Environmental. Agency Technical report N° 10 : 57
- ❖ **El Morhit, M., Fekhaoui, M., El Abidi, A., Yahyaoui A., Hamdani, A.** 2012. Impact des activités humaines sur la dégradation de la qualité des sédiments de l'estuaire de Loukkos
- ❖ **EL Morhit, M., Fekhaoul, A., El Abidi, A., Yahyaoui, A.** 2013. Contamination métallique *d'Anguilla anguilla* au niveau de l'estuaire de LOUKKOS(Maroc), bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section sciences de la vie, 2013, n°35, 111-118.
- ❖ **Emberger, L.**1955. Une classification biogéographique des climats. Travaux laboratoire botanique, géologique. Faculté des sciences. 7(11). 43p.

- ❖ **Ennouri, R., Mili, S., Chouba, L.** 2013. La contamination métallique du rouget de vase (*Mullus barbatus*) et de la sardinelle (*Sardinella aurita*) du golfe de Tunis. *Cybiurn*, 37(1-2) : 49-58.
- ❖ **Escudero, J-C., García, E., Gallardo, J., Pérez, J-J.** 1997. Model for the study of the selection of environmental parameters in freshwater fish. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 44: 359-37.
- ❖ **Evans, D-W., Dodoo, D-K., Hanson, P-J.** 1993. Concentrations d'éléments traces dans les foies de poissons : implications des variations avec la taille des poissons dans la surveillance de la pollution. *Taureau de pollution de mars.* 26 : 329–34.

F

- ❖ **FAO.** 2009. *Cyprinus carpio*. Dans les fiches d'information sur les espèces aquatiques cultivées. Texte de Peteri, A. Édité et compilé par Valerio Crespi et Michael New.
- ❖ **FAQ** ,1998. Frequently Asked Questions. la pollution de l'eau. 6p.
- ❖ **Farkas, A., Janos, S., Andras., Specziar, A.** 2003. Age and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a lowcontaminated site. *Pergamon, Water Research*, 37 : 959–964.
- ❖ **FEPS.** 2004. Fondation de l'eau potable sure, Environnement Canada, La pollution de l'eau. (P-4).
- ❖ **Fishbein L.** 1981. Sources, transports and alterations of metal compounds: an overview. I.arsenic, beryllium, cadmium, chromium and nickel.
- ❖ **François, R.** 2009. *Éléments d'écologie : écologie Fondamentale.* 4^{ème} édition, Dunod : 800p.
- ❖ **Fritsch, M.** 2005. Traits biologiques et exploitation du bar commun dans les pêcheries Française de la manche et du golf du Gascogne. Thèse de doctorat en science de la mer. Université de Bretagne occidentale : 314p.

G

- ❖ **Gaspic, Z-K., Zvonaric, T., Vrgoco, N., Odzak, N., Baric, A.** 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea *Water Res*, 36(20): 5023-5028 p.

- ❖ **Ghalaoui, M.**, 2009. Mise au point de nouvelles méthodes analytiques spectroscopiques et électrochimiques de détection des éléments traces dans différents types de matrices. Thèse d'Université Hassan II. FSTM.
- ❖ **Gis, P.** 1996. la pollution du milieu marins. Réseau posidoni. Act Scie. Res : 3p

H

- ❖ **Hadou, S.** 2013. étude écologique et biologique d'un poisson cyprinidé du genre Barbus dans le barrage de Keddara (w. Boumerdes).
- ❖ **Hamitouche, M et Haderbache, M.** 2017. Evaluation de la pollution métallique de l'Oued Soummam par le dosage des métaux lourds dans le muscle de quelques espèces de poissons. Mémoire de master en Option : Environnement et sécurité alimentaire. Université Abderrahmane MIR-Bejaia. 63p
- ❖ **Harte, J.**, 1991. Toxics A to Z Guide to Everyday Pollution Hazards, U.o.C. Press, Editor, Oxford, England. 478p.
- ❖ **Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D., Bertho M.** 2004. Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern. English Channel and southern. Bight of the North Sea. Environment International, 30: 675-683

I

- ❖ **Ifremer environnement.** 2003. Compte rendu du Séminaire : Les Journées contamination décontamination des mollusques bivalves. Nantes, du 26 au 27 Mai 2004, 18p. 25.

J

- ❖ **Jearld, A.** 1983. Age determination in Fisheries techniques Nielsen L. Ed. Blacksburg: 301- 324.

K

- ❖ **Kara, H-M.** 2012. Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. Eur J Wild.l Res (2012) 58 :243–253.

- ❖ **Kakkar P., Jaffery F-N.** 2005. Environnemental. Toxicologie et pharmacologie 19 : 335-349p.
- ❖ **Kime, D.**1999. A strategy for assessing the effects of xenobiotics on fish reproduction. Sci total environ.225 :3-11p.
- ❖ **Koffi, K-M. Coulibaly, S. Atse, B-C. Kouamelan E-P.** 2014. Enquête sur les concentrations de métaux lourds dans les eaux et les sédiments de l'estuaire de la baie de Bietri, lagune Ebrie, Côte d'Ivoire. Revue internationale de recherche en sciences de la Terre et de l'environnement. 3 : 1-10.

L

- ❖ **Ladjal, R.** 2013. Problématique de la mobilisation et de la préservation des ressources hydriques dans le Sersou (Bassin Cheliff amont Boughzoul). Magister en Hydraulique. Option : Mobilisation et protection des ressources en eau. Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen. 145p.
- ❖ **Lamprea, K.** 2009. Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains. Thèse de doctorat. Spécialité : Genie civil. Ecole Centrale de Nantes (ECN). Paris.296p.
- ❖ **Langsone, w-j.** 1998. Estuarine, coastal and shelf science. 530p.
- ❖ **Lemiere, B.** 2001. Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes : 24p.
- ❖ **Lennetch,** 1993. Water treatment solutions.02p.
- ❖ **Liehr, G., Zettler, M., Leipe, T., Wilt, G.** 2005. The ocean quahog *Arctica islandica* L: a bioindicator for contaminated sediments. Marine biology. 147 : 671-679

M

- ❖ **Malbriel, N.** 1997. La pollution en bordure d'autoroute et son impact sur la végétation. DESS ressources naturelles et Environnement. Université des Metz, CETE de l'Est. 56p.
- ❖ **Marilys, M.** 2010. Les Français sont prêts à payer plus cher pour une meilleure qualité de l'eau. Ed Environnement : 90p

- ❖ **Miquel, M-G**, 2001. Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifique et technologiques (O.P.E.C.S.T). n°261.ed SÉNAT.France.365p.
- ❖ **Mohamed, E., Morhit, M., Fekhaoul, A., El Abidi, A., Yahyaoui, A.** 2013. Contamination métallique d'Anguilla anguilla au niveau de l'estuaire de LOUKKOS(Maroc), bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section sciences de la vie, 2013, n°35, 111-118.
- ❖ **Monna, F.** 2008. Cycles biogéochimiques des éléments traces métalliques aux interfaces de l'environnement. Thèse de doctorat : Sciences de la terre et de l'environnement : université de Bourgogne, 181 p.
- ❖ **Monod, G.** 2001, Le poisson : cible et révélateur de la pollution chimique, in Neveu A., C. Riou, R. Bonhomme, P. Chassin et F. Papy, L'eau dans l'Espace Rural : vie et milieu aquatiques'', INRA, Paris, pp. 174–197
- ❖ **Mus, B et Dahlstrom, P.** 1991. Guide des poissons d'eau douce et pêche. Edition original : Europas Ferksvandsfisk. 220p.

N

- ❖ **Noppe, K.** 1996. Contamination métallique des sédiments du cours d'eau du bassin Atrois-Picardo et son impact sur la contamination des chairs et des foies de poissons. Laboratoire de géologie appliquée. Université pierre et marie curie. Paris. 46p.

O

- ❖ **OMS.** 2012. Normes générale codex pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de la consommation humaine et animale. Codex standard. 43 p
- ❖ **ONEMA,** Agences de l'Eau. 2012. Zones humides et marais.
- ❖ **Osset, T.** 2001. Contamination chimique des poissons d'eau douce. Bilan sanitaire en France et indicateur de pollution. Thèse de doctorat en vétérinaire. Université de lyon.71p.
- ❖ **Oudant, E., Hopitault, J-c., Dellatre, J-M, Lemaire, j., Janquine, M., Degro, N., Richard A** .1989. Bioaccumulation dans la chaine alimentaire de littoral nord-pas de calais. Université de cill. Thèse de magister en biologie. 108p

P

- ❖ **Panfili, J., Pontual, H., Troadec, H., Wright, P-J.** 2002. Manuel de sclérochronologie des poissons. Ed. Ifremer-IRD, France, 464p.
- ❖ **Pedoya, C.** 1993. l'eau potable in protection de la santé, hygiène et environnement. 14^{ème} édition. Edition Frison roche. Paris. 218p.
- ❖ **Périra, B.** 2007. la contamination diffuse du sol par les éléments traces métalliques en région de wallonne. Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallain. 7p.
- ❖ **Pourang, N., Nikouyan, A., Dennis, J-H.** 2005. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment. 109 : 293-316.

R

- ❖ **Ramade, F.** 2007. Introduction l'écotoxicologie. Paris. Ed. Lavoisier. 618p.
- ❖ **Ramade, F., a**1992. Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales » p55.
- ❖ **Ramade, F., b**1992. Précis d'Ecotoxicologie. Ed. Masson. Paris. 224 p.
- ❖ **Ramade, F.,** 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement 2^{ème} édition. DUNOD, Paris, pp 1075.
- ❖ **Revenge, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K et Payne, R.,** 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. Washington DC : World Resources Institute, 63 p.
- ❖ **Rouamba, J., Nikiema, E., Rouamba, S., Charles Ouedraogo, F.** 2016. Accès à l'eau potable et risques sanitaires en zone périphérique d'Ouagadougou, Burkina Faso. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique, 64p.

S

- ❖ **Schlumberger, O.,** 1997. Mémento de pisciculture d'étang. 3^{ème} édition, Cemagref. 238p.
- ❖ **Schofield, P. Williams, J. Nico, L. Fuller, P. Thomas, M.** 2005. foreign Nonindigenous Carps and Minnows (Cyprinidae) in the United States. A guide to their

identification, distribution and biology: U.S. geological survey scientific investigations report 2005-5041.103p.

- ❖ **Soudani, L.**2011. Evaluation de la bioaccumulation de zinc chez *barbus barbus* dans le barrage de Dahmouni-Tiaret. Mémoire de magister de l'obtention d'écologie végétale. Université Ibn Khaldoun Tiaret .60p
- ❖ **Smatti, I., Mehennaoui, F., Keddari, D., Mehennaoui, S.** 2019. Niveau de contamination par les éléments traces métalliques cadmium, cobalt, cuivre et zinc de deux cyprinidés et des sédiments du barrage Koudiet Medouar (Batna, Algérie). Journal of Applied Biosciences 143 : 14606 – 14621
- ❖ **Souaïkeur, D.** 2016. Estimation du risque érosif dans le bassin du haut Cheliff. Master en Hydraulique. Option : Aménagement et Ouvrages Hydrotechniques. École nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui abdellah.85p.
- ❖ **Storelli, M.** 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). Food and Chemical Toxicology 46 : 2782 - 2788.

T

- ❖ **Tabinda, A., Hussain, M., Ahmed, I., Yassar, A.** 2010. Accumulation of Toxic and Essential Trace Metals in Fish and Prawns from KetiBunder Thatter District, Sindh Pakistan. Journal of Zoology. vol. 42(5), pp. 631–638.
- ❖ **Tahiri, L.** 2005. Contamination métallique de *Mytilus galloprovincialis* et des sédiments au niveau de l'estuaire de Bouregreg (Maroc). Walter qual. Res. J.40 (1).111-119.
- ❖ **Taghezout, F.**2015.impact environnemental des rejets d'eau le long du littoral occidental algérien. Mémoire de Magister en science de l'environnement. Université d'Oran .170p+annexe.
- ❖ **Tilgman, A. Garrec, J. Coquery, M.** 2009. La mesure des contaminations dans le biote : avantages et inconvénients pour la surveillance chimique du milieu continental. Cemgref : 49p.

- ❖ **Trabelsi, Z-A.**, 2011. Effet intra-ponte du moment d'éclosion sur la orphologie, la croissance et l'efficacité métabolique des larves de brochet *Esox lucius* et de carpe commune *Cyprinus carpio*.173p.

U

- ❖ **UICN** .2015. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France. Volume 2.5 : les écosystèmes d'eau douce. Paris, France. ;
- ❖ **Unlu E., Gungum B.**, 1993.Concentrations de cuivre et de zinc dans les poissons et les sédiments du Tigre en Turquie. *Chemosphere*, 26 (11) : 2055–2061p.

V

- ❖ **Vaufleury, A., Gimbert, F., Gomot, L.** 2010. Bioaccumulation, bioamplification des polluants dans la faune terrestre : un outil pour la bio surveillance des écosystèmes. Ed Adam.
- ❖ **Veron, J.** 1990. New Scleractinia from Japan and other Indo-West Pacific Countries. *Galaxea*. 9 : 95- 173.
- ❖ **Vilizzi, L.** 2018. Age determination in common carp (*Cyprinus carpio*): history, relative utility of ageing structures, precision and accuracy. *Rev Fish Biol Fisheries* (2018) 28 :461–484.

W

- ❖ **Wang, H et Fische, A.** 1999. Modeling metal bio availability for marins mussels. *Rev environ contam toxicol* : 151

Site web

- ❖ www.tutiompe/clima/Tiaret : consulté le 23/06/2021 à 22 :30

Résumé

Les pollutions d'origine métallique constituent l'un des risques majeurs dans le monde actuel. Les éléments métalliques peuvent être très dangereux pour la santé humaine lorsqu'ils sont présents dans l'environnement à des concentrations élevées. Le présent travail a pour objectif de déterminer la concentration des ETM dans la carpe commun (*Cyprinus carpio*) dans le barrage Bougara-Tiaret. Les teneurs en Plomb et Cadmium ont été déterminées à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique.

Les résultats trouvés, montre que les valeurs obtenues dépassent les normes recommandées, dont la teneur moyenne du Plomb de 8.17 ± 6.13 mg/kg et celle de Cadmium est de 0.56 ± 0.28 mg/kg. Cette accumulation est différentielle selon l'organe avec un maximum de bioaccumulation au niveau du foie que du muscle.

Mots clé : ETM, *Cyprinus carpio*, barrage Bougara, bioaccumulation.

ملخص

يعد التلوث بالمعادن الثقيلة أحد المخاطر الرئيسية التي يعاني منها العالم و تكون خطرة جداً على صحة الإنسان عندما تكون موجودة في البيئة بتركيزات عالية. الهدف من هذا العمل هو تحديد تركيز هذه المعادن في الشبوط في سد بوقرة - تيارت. تم تحديد محتويات الرصاص والكاديوم باستخدام مطياف الامتصاص الذري.

أظهرت النتائج أن القيم التي تم الحصول عليها تجاوزت المعايير الموصى بها والتي بلغ متوسط محتوى الرصاص فيها 8.17 ± 6.13 مغ / كغ ومحتوى الكاديوم 0.56 ± 0.28 مغ / كغ. يكون هذا التراكم مختلفاً حسب القدرة القصوى لكل عضو على التخزين و منه وجدنا ان التراكم الحيوي في الكبد اكبر من الذي في العضلات.

الكلمات الدالة : المعادن الثقيلة، الشبوط ، سد بوقرة ، التراكم الحيوي.

Abstract

Pollution from metallic sources is one of the major risks in today's world. Metallic elements can be very hazardous to human health when present in the environment at high concentrations. The objective of this work is to determine the concentration of ETM in common carp (*Cyprinus carpio*) in the Bougara-Tiaret dam. The lead and cadmium contents were determined using an atomic absorption spectrometer.

The results found show that the values obtained exceed the recommended standards, of which the average lead content of 8.17 ± 6.13 mg / kg and that of cadmium is 0.56 ± 0.28 mg / kg. This accumulation is differential depending on the organ with a maximum of bioaccumulation in the liver than in the muscle.

Keywords : ETM, *Cyprinus carpio*, Bougara dam, bioaccumulation.