

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Republique Algerienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل -

Université Med -Seddik Benyahia - Jijel

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des Sciences de l'environnement
et des Sciences Agronomiques



كلية العلوم الطبيعية والحياة

قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option: Toxicologie de l'environnement

Thème

***Evaluation du risque de contamination par les métaux
lourds de l'espèce Barbus barbus capturée dans le Barrage
de Béni Haroun***

Jury de soutenance :

Président: M^r Roula S.

Examinatrice :D^r Ounas I.

Encadreur : M^{elle} Habila S.

Présenté par :

M^{elle} Mihoubi Wissem

Dédicaces

A mon père

A ma mère

A mon frère et mes sœurs chacun a son nom

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment,

Je dédie ce travail, fruit de patience et de persévérance

Remerciements

Avant tous nous remercions Allah le tout puissant qui nous donne le courage, la volenté et la force pour réaliser ce modeste travail.

Je tenais à remercier vivement mon encadreur M^{lle} Habila S, pour sa gentillesse, sa confiance, son écoute, son soutien et ses conseils, sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail à savoir M^r Roula .S et M^{me} Ounes. I

Nous témoignons notre reconnaissance aussi aux personnels du laboratoire, surtout Medjda et Mokhtar .

Merci aux 60 Barbeau d'avoir donnée votre vie à la science

*Et puis un remerciement très chaleureux à tous mes amis, mes collègues
Merci à toutes et à tous !*

Wissem

sommaire

Sommaire.....	i
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures.....	v
Liste des abréviations.....	vi
INTRODUCTION.....	1

: Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1.La pollution métallique de l'eau.....	3
I.2.Pollution métallique.....	3
I.3.Généralités sur les éléments trace métallique (ETM).....	3
I.3.1. Définition des ETM.....	3
I.3.2.Classification des métaux lourds.....	4
I.3.3.Provenance métallique.....	4
I.3.4. Devenir et répartition des métaux lourds dans le milieu aquatique	
I.3.4.1. Comportement des ETMs dans l'eau.....	5
I.3.4.2. Influence des paramètres physicochimiques.....	6
I.3.5. Propriétés physico-chimique des ETM.....	7
I.3.5.1. La solubilité.....	7
I.3.5.2. La persistance.....	7
I.3.5.3. La volatilité.....	7
I.3.6. Biodisponibilité et toxicité des métaux lourds.....	8
I.3.7. Propriétés des ETM sélectionnés.....	9
I.3.7.1. Le cadmium(Cd).....	9
I.3.7.2. Le plomb(Pb).....	9
I.3.7.3. Le cuivre.....	10
I.3.7.4. Le chrome.....	10
I.4.Contamination métallique des poissons.....	11

I.4.1. Intérêt des poissons dans l'étude des ETMs.....	11
I.4.2. Les actions des polluants sur le poisson.....	11
I.4.3. Devenir des métaux chez le poisson.....	12
I.4.4. Bioaccumulation des ETMs chez les poissons.....	13
I.4.5. Influence de certains facteurs sur la contamination des poissons.....	14

Chapitre II : Matériel et méthode

II. Présentation de la zone d'étude.....	16
II.1.1. Description de l'ouvrage.....	16
II.1.2. Délimitation du barrage.....	17
II.1.3. L'hydrographie de la région d'étude.....	17
II.1.4. Climatologie.....	18
II.1.4.1. Les précipitations.....	19
II.1.4.2. Les températures.....	19
II.2. Echantillonnage et technique de prélèvements.....	19
II.2.1. Choix des stations de prélèvements.....	19
II.2.2. Campagnes de prélèvement.....	21
II.2.3. Mode de prélèvement.....	21
II.2.3.1. Prélèvement et préparation des échantillons du poisson.....	21
II.2.3.2. Choix de l'espèce étudiée.....	22
II.4. Méthodes de mesure et d'analyse.....	24
II.4.1. Extraction des métaux lourds.....	24
II.4.2. Dosage des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique(SAA).....	24
II.5. Analyse statistique.....	25

Chapitre III : Résultats et interprétations

III.1. Les résultats d'analyse de l'espèce <i>Barbus barbus</i>	27
III.1.1. Etude biométrique chez l'espèce <i>Barbus barbus</i>	27
III.2. Résultats des concentrations des métaux lourds dans le Barbeau.....	29

Chapitre IV : Discussion	34
Conclusion	38
Référence bibliographiques	39

Annexes

Liste des tableaux

Tableau 01 : présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement (Brignon et al., 2005).....	05
Tableau02 : La taxonomie du <i>Barbus barbuis</i> (Muus Bent-J, 2003).....	22
Tableau03 : Paramètres biométriques (poids et longueur) mesurés chez les males et les femelles de l'espèce <i>Barbus barbuis</i> durant la période Octobre-Juin 2015.....	27
Tableau04 : les résultats d'analyse des métaux lourds dans le <i>Barbus barbuis</i> dans le lac barrage Béni Haroun durant la période Octobre-Juin 2015.....	29
Tableau05 : Comparaison des Teneurs moyennes en métaux (Cu, Cr, Pb, et Cd) exprimées en µg/g) de pois frais dans les poissons du barrage de Béni Haroun avec celle observées dans les autres travaux de recherche.....	37

Liste des figures

Figure 01 : processus d'absorption et de l'élimination des xénobiotiques chez les poissons	13
Figure 02 : présentation du barrage Béni Haroun.....	16
Figure 03 : bassin du barrage Béni Haroun	17
Figure 04 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'est algérien.....	18
Figure 05 : histogramme des précipitations et températures dans la région de Béni Haroun.....	19
Figure 06 : Carte représentative des différentes stations.....	20
Figure 07 : Station 01.....	21
Figure 08 : Station 02.....	21
Figure 09 : Station 03.....	21
Figure 10 : La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).....	25
Figure 11 : Schéma représentatif du seuil de signification.....	25
Figure 12 : (A) et (B) Paramètres biométriques (poids et longueurs) chez les males et les Femelles de l'espèce <i>Barbus barbuis</i> observés pendant la période Octobre-juin 2015.....	28
Figure 13 : Les teneurs moyennes en cuivre dans la chair de l'espèce <i>Barbus barbuis</i> capturée Dans le barrage de Béni Haroun durant la période Octobre 2014- Juin 2015.....	30

Figure 14 : Les teneurs moyennes en Chrome dans la chair de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac du barrage Béni Haroun durant la période Octobre 2014- Juin 2015.....**31**

Figure 15 : Les teneurs moyennes en plomb dans la chair de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac du barrage Béni Haroun durant la période Octobre 2014- Juin 2015..... **32**

Figure 16 : Les teneurs moyennes en cadmium dans la chair de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac du barrage Béni Haroun durant la période Octobre 2014- Juin 2015..... **33**

Liste des abréviations

µg : microgramme.

Cm : centimètre.

Km² : kilomètre carré.

g/Cm³ : gramme par centimètre cube.

ETM : Eléments Traces Métalliques.

Pb : Plomb.

Cd : Cadmium.

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

Pf : poids frais

pH : potentiel Hydrogène.

°C : degré Celsius.

µg/ L : microgramme par litre

µg/g : microgramme par gramme

g/Kg :

MT : métallothionéines.

m³/an: mètre cube par an.

ANOVA : l'analyse de la variance.

SAA : Spectrophotométrie d'absorption atomique.

O MS : organisation mondiale de la santé.

CEE : Communauté Economique Européenne.

ANBT : Agence Nationale des Barrages Béni Haroun.

g: gramme.

ANBT : Agence Nationale des Barrages Béni Haroun.

DHW : Direction hydraulique de Wilaya

T : Température.

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène.

HN0₃ :Acide nitrique

Introduction

La pollution des écosystèmes aquatiques est un sérieux problème accentué avec l'augmentation des activités humaines qui rejettent un grand nombre des substance chimiques dans l'environnement aquatique (**Ben Ameur et al., 2012 ; Gungordu et al., 2012**). Cette pollution présente un grand danger pour la santé des organismes y compris les êtres humains (**Bozcaarmutl et al., 2009**).

La pollution de l'environnement par des métaux lourds est un problème mondial parce que ces métaux sont indestructibles et la plupart d'entre eux présentent des effets toxiques sur les organismes vivants, quand elles dépassent une certaine concentration (**Fallah et al., 2011**). Certains métaux comme le zinc, le chrome et le cuivre sont indispensables à la vie à de faibles concentrations, et peuvent devenir toxiques à des concentrations élevés. D'autres métaux comme le plomb, le cadmium et le mercure n'ayant aucun rôle biologique et manifestent de propriétés toxiques (**Zhou et al., 2008**).

La contamination par les métaux lourds, apparait principalement par une augmentation de leurs concentrations dans les sédiments qui représentent le réceptacle final des métaux lourds et des déchets dans le milieu aquatique. Ces polluants extrêmement dangereux peuvent avoir des effets néfastes sur l'équilibre du milieu et la diversité des organismes aquatiques (**Karadede et Unul, 2000**).

Parmi les espèces animales, les poissons sont les habitants qui ne peuvent pas s'échapper des effets néfastes de métaux lourds. Ils sont employés couramment pour évaluer l'état sanitaire des écosystèmes aquatiques parce que les éléments traces métalliques s'accumulent dans la chaîne alimentaire et sont responsable des effets nuisibles et de la mort dans les systèmes aquatiques d'une part, et de l'intoxication de la population qui se nourrit de ces poissons d'autre part. (**Ben Ameur et al., 2012 ; Gungordu et al., 2012**).

Le barrage de Béni Haroun, est d'une grande importance nationale. Aussi, de par sa capacité (963 hm³) et son impact régional, il constitue actuellement le plus imposant aménagement hydraulique réalisé à travers le pays. En plus de son utilisation pour alimenter plus de quatre millions habitant réparties sur 6 wilaya de l'Est Algérien (Mila, Constantine, Oum Elbouaghi, Jijel, Batena et Khenchela), et l'irrigation de la terre agricoles, le barrage Béni Haroun est considéré comme une source importante des poissons d'eau douce (**ANB, 2014**). Malgré son importance, Béni Haroun sert d'exutoire les différents rejets des activités

industrielles, agricoles et municipaux, qui le contaminent par des différents polluants chimiques qui se sont accumulés dans les eaux et les sédiments (**Habila, 2008**).

Notre objectif principale est d'évaluer le risque de contamination de barrage Béni Haroun par les métaux lourds, Le choix est porté sur les espèces *Barbus barbuis* comme une espèce bioindicatrice puisqu'elle répond à plusieurs critères de sélection, elle est abondante, facile à échantillonner, présente toute l'année, suffisamment grosse, robuste et tolérante contre la majorité des contaminants.

Le manuscrit s'articule autour de quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique, consacrée à l'étude des métaux lourds, leur origine, et leurs effets.
- Le second chapitre, matériel et méthodes, qui décrit la stratégie expérimentale pour la quelle nous avons opté.
- Le troisième chapitre, regroupe l'ensemble des résultats et leurs interprétations.

Enfin, dans un quatrième chapitre, l'ensemble des résultats acquis au cette étude font l'objet d'une synthèse comparative suivi par conclusion générale comportant des recommandations et des perspectives.

Chapitre I: Synthèse bibliographique

I. la pollution métallique de l'eau

I.1 La pollution des eaux

Les pollutions sont des déversements, écoulement, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature, et plus généralement tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer, dans la limite des eaux territoriales (**Faurie et al., 2003**).

La pollution des eaux se traduit par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques. L'eau est capable de dissoudre peu ou prou, mais souvent avec facilité, la plus part des substances chimiques minérales ou organiques, de plus elle met en suspension les matières insolubles et les déchets solides (**Ramade, 2000**).

I.2. pollution métallique

Parmi les différents types de pollution, le problème posé par la pollution des écosystèmes aquatiques due aux métaux lourds est tout à fait singulier. Il est lié à la spécificité de la contamination, souvent multiéléments, et aux caractéristiques physico-chimiques du milieu (pH, température,...). La pollution de l'eau par les métaux lourds est particulièrement problématique en raison de leur non biodégradabilité par rapport à la pollution organique et de leur toxicité (**Audry, 2003**).

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 (**CNRS, 2011**).

I. 3. Généralités sur les éléments trace métallique (ETM)

I.3.1. Définition des ETM

On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5 g/cm³. Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse etc. (**Arris, 2008**). Tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux mais des métalloïdes (ex :

l'arsenic). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation métaux lourds, l'appellation « Eléments en traces Métalliques » (**ETM**) ou par extension « éléments traces » (**Miquel, 2001**).

Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations (**Lacoue-Labarthe, 2007**).

I.3.2. Classification des métaux lourds

De point de vue biologique, il est important de différencier les éléments traces métalliques (ETM) qui sont essentiels à la vie de ceux qui ne le sont pas ou dont on ne connaît pas de propriétés vitales pour au moins une catégorie d'organismes (**Bliefert et perraud, 2009**).

1. ETM essentiels

Ils sont nécessaires au fonctionnement des plantes et animaux en participant à des réactions biochimiques dans l'organisme à des concentrations extrêmement faible et peuvent être toxiques au-delà de certaines concentrations, ils sont appelés oligo-éléments (**Bliefert et al., 2003**).

2. ETM non essentiels

Ces ETM ne sont pas nécessaires à la vie mais ils perturbent le cours normal des processus métabolique, même à l'état de traces, à l'exception de faibles doses tolérables ; de tels ETM ont souvent un effet toxique (**Bliefert et al., 2009**).

1.3.3. Provenance métallique

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes .Parmi les plus importantes sources naturelles, l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. Les sources anthropogènes sont les suivantes :

- Effluents industriels.
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides.
- Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains.
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles (**Kayalto, 2009**).
- Activités pétrochimiques

- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations)
- Incinération de déchets
- Produits (électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents)
- Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères), agricoles (Bouktah, 2008).

Le **tableau 01** présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement (Brignon et al., 2005).

Utilisations	Métaux
- Batteries et autres appareils Electriques	-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, herbicides)	- As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
-Agents de catalyse	- Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
-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

I.3.4. Devenir et répartition des métaux lourds dans le milieu aquatique

I.3.4.1. Comportement des ETMs dans l'eau

Une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les ETM se répartissent entre ses différents compartiment (l'eau, les solides en suspension, les sédiments, et le biote) (Burnol et al., 2005)

les ETM présent dans l'environnement aquatique peuvent exister en deux phases :

- ✓ En phase particulaire

Les ETM se présentent sous forme : d'espèce adsorbés plus ou moins fortement par une phase solide (matière en suspension), d'éléments intégrés dans un réseau cristallin, d'éléments métabolisés sous forme inorganique ou d'organométalliques (**Cossa, 1993**).

✓ **En phase dissoute**

Les ETM peuvent être sous forme d'ions libres hydratés, complexés avec des ligands inorganiques ou organiques ou d'organométallique. L'influence d'un ETM sur l'environnement n'est pas la même selon qu'il se présente sous forme cationique hydraté, sous forme d'un complexe organométallique ou minérale. Cependant pour la majorité des ETM(en particulier Cd, Cu, Zn, Pb) c'est la forme ionique hydraté qui semble la plus préjudiciable pour les organismes vivants (**Dange, 2002**).

I.3.4.2. Influence des paramètres physicochimiques

A- pH (potentiel Hydrogène)

Les métaux lourds sont généralement plus solubles et plus mobiles à pH acide qu'à des pH élevés. En milieu acide, ils se trouvent sous forme d'ions libres, alors qu'une Augmentation progressive du pH (donc des concentrations en ions hydroxyles) provoque la formation de complexes métalliques hydroxylés (**Hahne et Kroontje, 1973**).

B -la température

La température peut intervenir directement en facilitant, lorsque elle s'élève la dissolution des composés de l'élément (**Ternel et al., 2005**), ou indirectement en stimulant la biodégradation de la matière organique et donc la production des substances acides ou complexant (**Ternel et al., 2005 ; Deschamps et al., 2006**).D'après d'autre auteur, l'effet de la température varie selon le métal et l'espèce (**Ramade, 1979**).

D-La force ionique

Plus la force ionique est élevée, moins le nombre des réactions de complexations de surface intervenant entre les espèces métalliques en solution et les groupes fonctionnels à la surface des particules est important (**Dechelette et al., 2004**).

E-Action des micro-organismes

Les microorganismes peuvent agir directement ou indirectement sur les éléments par les processus d'oxydoréduction (**Colinet, 2003**). L'action des micro-organismes peut aller dans le sens de la solubilisation (production d'acide et de composés complexant.....etc.), ou l'insolubilisation (formation de sulfures métalliques insolubles, bioaccumulation ou biosorption par les microorganismes) des métaux lourds (**Deschamps et al., 2006 ; Alloway, 1995**).

F-Influence des conditions d'oxydoréduction

Les conditions d'oxydoréduction peuvent influencer le comportement des éléments traces métalliques soit directement en jouant sur la valence d'élément (**Roulier et Percherancier, 2003**), ou indirectement par son influence directe sur les phases piégeantes (**Deneux-Mustin et al., 2003**).

D'autre part la dissolution des oxydes et des hydroxydes est favorisée entraînant de manière opposée la solubilisation des métaux associés (**Chaignon, 2001**).

1.3.5. Propriétés physico-chimique des ETM

1.3.5.1. La solubilité

La solubilité d'un métal indique sa tendance à la mobilisation par lessivage ou par ruissellement. Les métaux solubles sont facilement transportables par l'eau, car ils suivent son écoulement et sont souvent peu adsorbés sur les sols (**Hébrard et al., 2004**), Et assimilables par les organismes vivants (**Jumarie et al., 2001**).

1.3.5.2. La persistance

Contrairement aux polluants organiques, les métaux lourds ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement, ils sont persistants.

Une des conséquences les plus sérieuses de la persistance des métaux est leur accumulation dans les chaînes alimentaires. Au bout de ces chaînes, les métaux peuvent atteindre des concentrations qui sont supérieures de plusieurs puissances de dizaines à celles trouvées dans l'eau ou dans l'air (**Beliefert et Perraud, 2001**).

1.3.5.3 .La volatilité

La plus part des métaux lourds ne sont que faiblement volatiles, sauf le mercure dont le point d'ébullition est de 370 °C à une pression de 110 pka (**Lemière et al., 2000 ; Azimi, 2004**).

1.3.6. Biodisponibilité et toxicité des métaux lourds

A-La biodisponibilité

La notion de biodisponibilité est particulièrement importante quand il s'agit de métaux et de métalloïdes car selon leur état chimique, ils sont plus ou moins assimilables, cet état joue un rôle majeur dans la toxicité d'un élément (**ramade, 2011**).

B-Toxicité des métaux lourds

Une substance est dite toxique pour l'organisme lorsqu'elle devient nocive pour celui-ci. La toxicité dépend de la molécule elle-même. Par exemple, dans le cas des molécules extrêmement toxiques, les effets seront importants à très faibles doses, et la dose de non toxicité aura un seuil très faible. A l'inverse, une molécule présentant des effets modérés aura un seuil de toxicité plus élevé (**Akcha et al., 2003**).

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport aux capacités d'assimilations de l'organisme (**Gadras, 2000**).

La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à :

- Leur non-dégradabilité.
- leur toxicité à faible concentration.
- Leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques (**Crine, 1993**).

C. Toxicité pour l'homme :

Les voies de contaminations pour l'Homme sont l'inhalation, l'ingestion et l'exposition cutanée. Ils se concentrent principalement dans les poumons, entraînant des maladies de l'appareil respiratoire (**Vallee et al., 1960 ; Magnus et al., 1982 ; EPA , 1984**), dans le système digestif provoquant des troubles telles que, les nausées, les vomissements, la perte d'appétit et de poids et des cancers (**Hamamoto., 1955 ; Morris et al., 1974**). Ces composés toxiques sont responsables de bons nombres de maladies tristement célèbres comme le saturnisme pour le plomb (**Miquel, 2001**), la maladie de Minamata en 1956, au Japon pour le mercure (**Tamashiro et al., 1986**), la maladie du pied noir en 1960 à Taïwan, pour l'arsenic (**Tseng, 1977**). Beaucoup de métaux lourds ont des propriétés mutagènes et agissent par exemple sur l'appareil

reproducteur pour le plomb, le placenta pour le cadmium, l'embryon pour le mercure et provoquent des malformations diverses : chromosomiques, du système musculaire, du squelette chez l'enfant (**Bernard et Lauwerys, 1986**). L'arsenic et le zinc provoquent également des lésions cutanées très graves (**EPA, 1987**).

Tous ces métaux ont des effets cumulatifs sur l'organisme humain qui seront d'une importance plus ou moins grande selon les différents critères tels que :

- l'état d'oxydation ; chrome (Cr VI) plus toxique que le chrome III ;
- le pouvoir oxydant d'un élément par rapport à l'autre (**Vallee et al., 1960**).
- la nature organique ou inorganique ; l'arsenic inorganique plus toxique que l'arsenic organique
- la solubilité (**EPA, 1987**).

1.3.7. Propriétés des ETM sélectionnés

1.3.7.1. Le cadmium (Cd)

Le cadmium (Cd) est un métal blanc argenté, brillant, relativement mou et déformable (**Bliefert et Perraud, 2001**). Il fait partie des éléments en traces métalliques dits non essentiels (**Turkmen et al., 2005 ; Miquel, 2001**). L'apport de cadmium aux milieux aquatiques provient en partie du compartiment atmosphérique (fumées et poussières des fonderies, des produits de l'incinération des matériaux recouverts de cadmium) et provient d'autre part des lessivages des terrains agricoles renfermant des engrais). Sa demi-vie biologique peut aller de 10 à 30 ans (**Niagu et Pacyna, 1988**), un ensemble de variables physicochimiques du milieu (salinité, PH, potentiel redox, caractéristiques sédimentologiques, nature géochimique des particules, concentration en chlorures) gouvernent les transformations du cadmium dans l'environnement (**Gonzalez et al., 1999 ; Chiffoleau et al., 2001**).

✓ Toxicité

Il ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des Concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu. Au niveau subléthal, des Concentrations de 0,05 à 1,2 ug/L peuvent provoquer des effets physiologiques (anomalies dans le développement embryonnaire et larvaire chez les mollusques bivalves) et des inhibitions de croissance (**Chiffoleau et al., 2001**).

1.3.7.2. Le plomb (Pb)

Le plomb (Pb) est un métal qui a une très forte affinité pour la matière particulaire et son adsorption sur la matière organique constitue le processus le plus important qui favorise sa sorption (**Callender, 2003**).

Dans l'environnement, le plomb est majoritairement présent dans le compartiment atmosphérique et provient des fonderies, des industries de la métallurgie, de la combustion du charbon, de l'incinération des déchets et des gaz d'échappement des véhicules. Le flux le plus important de plomb à l'océan provient de l'atmosphère (**Gagneux-Moreaux, 2006**).

✓ Toxicité

L'exposition au plomb peut entraîner des effets nocifs sérieux sur la santé, et peut même être mortelle à de fortes doses. Le plomb peut s'accumuler dans le corps, et son exposition, même à de très faibles doses, peut s'avérer dangereuse.

I.3.7.3. cuivre(Cu)

Le cuivre est un métal largement répandu dans la nature sa concentration moyenne dans la croûte terrestre serait comprise entre 45 et 70mg/kg selon les auteurs (**Dhaou-El-Djabine, 2005**).

Le cuivre est un oligoélément essentiel qui participe à de nombreuses fonctions physiologiques : Minéralisation des os, régulation des neurotransmetteurs, métabolisme du fer.

(**Underwood et Suttle, 1999**), Cet élément trace entre dans la composition de nombreux produits phytosanitaires, il se retrouve par conséquent dans le milieu marin et à l'origine de perturbations au niveau des espèces (**Nakhlé, 2005**).

✓ Toxicité

Le cuivre présente une toxicité assez importante pour les êtres vivants. Certains de ces sels ont été utilisés à vaste échelle comme fongicides et sont localement à l'origine d'une contamination de sols cultivés par ce métal (**Rodier et al., 1999**), il est extrêmement toxique pour les plantes aquatiques car il perturbe, à fortes doses, la croissance des végétaux. Il est aussi toxique pour les invertébrés lacustres et marin.

En milieu professionnel, peuvent se produire des dermiques, des troubles digestifs, des irritations pulmonaires, des effets néphrotoxiques (**Joris, 2005**).

I.3.7.4.Le chrome(Cr)

Le chrome est un élément chimique, métallique, de symbole Cr, de numéro atomique 24 et de masse atomique 51,996 u.m.a, il appartient au groupe 6 (ou VI b) du tableau périodique. Il résiste

à la corrosion et au ternissement, Les traces de chrome présent Dans ces minéraux sont souvent responsables de leurs couleurs : le vert de l'émeraude ou le rouge du rubis (**Alloway, 1995**).

✓ Toxicité

La toxicité du chrome dépend non seulement de sa concentration mais aussi de son degré d'oxydation. En effet, il est communément admis que le chrome (VI) est beaucoup plus toxique que le chrome (III). Ce dernier même à très faibles doses, est un élément essentiel aux êtres vivants puisqu'il joue un rôle indispensable dans le métabolisme glucidique comme activateur de l'insuline (**Djamaa, 2014**).

I.4. Contamination métallique des poissons

I.4.1. Intérêt des poissons dans l'étude des ETMs

Les poissons ont dans le règne animal une importance particulière. Il représente plus de 50% de l'ensemble des vertébrés et occupe pratiquement tous les milieux aquatiques même les plus extrêmes. (**Chovanec et al., 2003**). Ils jouent un rôle important dans le réseau trophique aquatique suit à leur fonction de transférer l'énergie à travers les différents maillons de la chaîne alimentaire, de plus, le poisson est pratiquement le seul organisme aquatique à être consommé et s'il est contaminé, il risque de provoquer des intoxications chez l'homme. C'est pourquoi les poissons sont largement utilisés pour évaluer la santé des milieux aquatiques (**Gongurdu et al., 2011 ; Ramade, 2007**).

I.4.2. Les actions des polluants sur le poisson

L'action des polluants en général se manifeste à différents niveaux Chez le poisson. L'état de stress se traduit également par la modification de nombreux paramètres biochimiques et hormonaux sanguins.

Le système immunitaire des poissons subit aussi, directement, l'influence négative des micropolluants. De nombreuses observations de terrain, étayées par des études expérimentales en laboratoire, démontrent que les pesticides, les hydrocarbures, les phénols et la plupart des métaux lourds (nickel, cuivre, plomb, mercure, cadmium...) participent à une diminution significative de l'immunité chez toutes les espèces piscicoles étudiées. Ces substances provoquent des lésions, voire la destruction des organes immunocompétents, tels le rein et la

rate, entraînant la raréfaction ou la fabrication des cellules spécialisées dans les mécanismes de défense immunitaire chez le poisson (anticorps, macrophages, leucocytes) (**Girard, 1998**).

Les altérations et les perturbations physiologiques pollution-dépendantes sont nombreuses. Les lésions tissulaires, cellulaires et les perturbations physiologiques qui en découlent sont très pénalisantes pour le poisson. Elles peuvent s'exprimer sur différents organes comme les branchies, la peau, le foie, la rate qui sont des cibles privilégiées des xénobiotiques. Le système nerveux peut également être atteint entraînant une nage anormale et des troubles de l'équilibre du poisson. Les déformations du squelette (scoliose, lordose) sont également étroitement corrélées avec la présence de pesticides et les organes reproducteurs apparaissent également comme une cible privilégiée pour ces molécules. L'intestin peut également subir des abrasions et des nécroses (**Girard, 1998**).

I.4.3. Devenir des métaux chez le poisson

Pendant tout processus physiologique d'échange avec le milieu environnant, les Molécules exogènes pénètrent à travers les barrières biologiques séparant l'environnement interne de l'organisme du milieu externe. Quand la contamination se fait, ces barrières (cutanées et respiratoires pour la contamination directe, et intestinale pour la contamination trophique) montrent des propriétés biologiques liées à leur structure et aux conditions physico-chimiques de l'environnement (température, pH, électrolytes, etc.). La membrane plasmique est la structure primaire impliquée dans ces processus. Les métaux traces sont piégés par les organismes aquatiques par deux voies principales (**Casas, 2005**). Une voie respiratoire (branchies, peau ou absorption directe au niveau de la muqueuse intestinale) et une voie digestive ou trophique par ingestion de proies contaminées (figure 01) (**CSP, 1995**).

Les substances toxiques, qui pénètrent au niveau des branchies, se répandent aussitôt dans tout le corps et peuvent donner lieu à des empoisonnements rapides. Les reins contribuent à l'élimination des toxiques présents dans le sang. Les polluants peuvent cependant être stockés dans l'organisme et généralement dans le foie. Les métaux possèdent des affinités avec certaines molécules de l'organisme des poissons telles que les métalloprotéines et sont moins lipophiles que les composés organiques de synthèse. Quand le poisson est exposé à de fortes concentrations en métaux, il peut stimuler la production de métallothionéine (MT) qui protègent les cellules, jusqu'à ce que les métaux soient évacués des tissus (**Saiki, 1995**). La MT se complexe le plus

souvent avec Cd, Cu et Zn. Elle est présente en grande quantité dans le foie, ce qui permet à l'animal de tolérer des doses importantes de métaux toxiques (Delval et al., 1988).

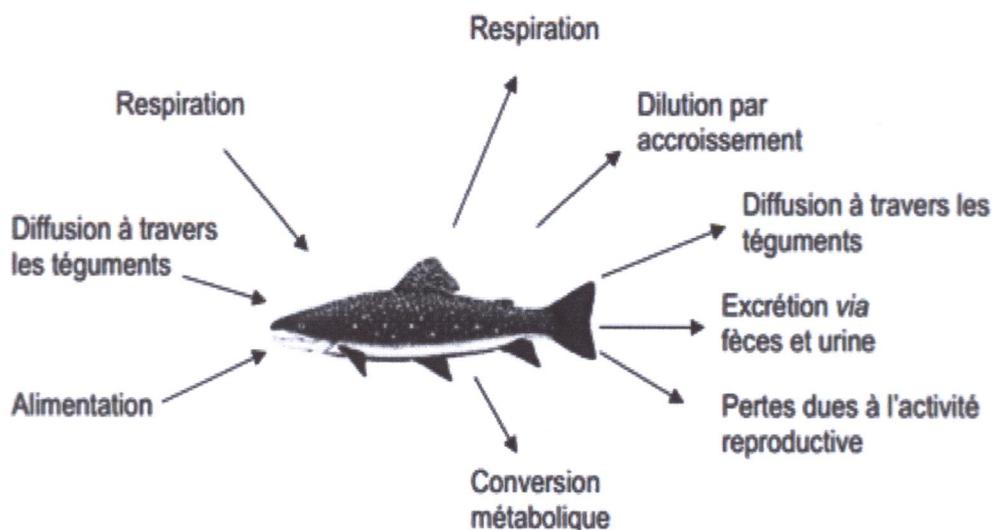


Figure 1 : processus d'absorption et de l'élimination des xénobiotiques chez les poissons (modifié de Macky et Fraser, 2000).

I.4.4. Bioaccumulation des ETMs chez les poissons

La bioaccumulation de substances toxiques peut entraîner chez certains organismes des modifications du comportement, de la structure des populations et des processus métaboliques ainsi que des changements au niveau morphologique, histologique et cellulaire (Kaiser, 2001).

Ce phénomène de bioaccumulation se déroule en trois phases :

a. L'assimilation

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe, par contact (par l'air ou l'eau.....) qui provoque un phénomène d'adsorption (la substance toxique reste à la surface), et la voie interne par assimilation ou absorption (Miquel, 2001).

b. la bioaccumulation par l'individu : la bioconcentration

La bioconcentration est un cas particulier de bioaccumulation. Elle est définie comme le processus par lequel une substance (ou un élément) se trouve présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est donc l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique. Le facteur de concentration FC est défini comme une constante issue du rapport de la concentration d'un élément dans un organisme en état d'équilibre à sa concentration dans le biotope. (**Ramade, 1992**).

c. la bioaccumulation entre individus : bioamplification

La bioamplification est le processus par lequel le prédateur concentre une substance (ou un élément) à un niveau supérieur à celui où il se trouve dans la proie. (**Neff, 2002**)

Le polluant, présent dans les algues et les micro-organismes est ingéré par un herbivore, lui-même proie pour un carnivore, lui-même proie d'un supercarnivore, animal ou homme. En bout de chaîne alimentaire, le consommateur final aura bio accumulé les formes solubles des métaux. Selon les prédateurs et les métaux, les concentrations peuvent augmenter au fur et à mesure que l'on progresse dans la chaîne trophique, comme c'est le cas pour le plomb et surtout le mercure sous sa forme méthylée (**Miquel, 2001**).

I.4.5. Influence de certains facteurs sur la contamination des poissons

Les concentrations en métaux dans les poissons sont en relation avec celles de l'eau. Plus la concentration dans l'eau est faible, plus le facteur de concentration est élevé. Cependant, cette corrélation peut varier en fonction de l'espèce étudiée, de son régime alimentaire et de facteurs extrinsèques tels que la température de l'eau, le pH, la forme chimique du métal, la dureté et l'alcalinité de l'eau, et ses possibilités de fixation par le sédiment (**Noppe, 1996**).

✓ Température de l'eau

Une élévation de température agit directement en augmentant le métabolisme des poissons provoquant une hausse de consommation d'oxygène, donc une plus grande pénétration des toxiques. Elle stimule également la croissance bactérienne et augmente la solubilité du méthylmercure, qui sera plus facilement disponible pour les poissons. Cette influence de la température est plus ou moins importante selon le métal considéré (**Noppe, 1996**).

✓ **Fixation des métaux par les sédiments**

Bonne corrélation entre les teneurs en mercure dans les organismes et celles des sédiments (Cope et al., 1990).

✓ **Variations spécifiques**

Les espèces selon leur métabolisme concentrent différemment les polluants à partir de leur milieu environnant (Labat et al., 1977; Radwan et al., 1995).

✓ **Position dans la chaîne trophique**

Il a été établi par (Prosi, 1990) une séquence décroissante de la charge en métaux de l'écosystème aquatique : Eau <Poissons< Sédiments <Invertébrés aquatiques. Il en ressort que les poissons sont à priori beaucoup moins contaminés que les sédiments

✓ **Régime alimentaire**

Les espèces accumulent différemment selon qu'ils sont prédateurs ou au bas de l'échelle (Kidwell et al., 1995).

✓ **Age, poids ou taille des poissons**

Pour une même espèce, les concentrations en polluants varient selon les individus, principalement en fonction de leur poids et de leur taille, donc de leur âge. Les poissons les plus âgés sont les plus contaminés. De nombreux auteurs (Heit et Klusek, 1985) ont montré que les concentrations en mercure dans la chair des poissons sont corrélées avec la taille. Ceci est cependant loin d'être général.

✓ **Sexe du poisson**

Dans la plupart des études, femelle et mâle d'une même espèce contiennent des quantités métalliques relativement identiques. Cependant, des différences existent parfois et sont probablement liées à la période du début de la reproduction, car les femelles consomment plus de nourriture et accumulent des réserves adipeuses à cette période.

✓ **Taux de matière grasse**

Le taux de matière grasse varie selon l'espèce, ce dernier peut dépasser 30% chez l'anguille, alors qu'il n'est que d'environ 10% chez le gardon et la perche. (Noppe, 1996).

Chapitre II: Materiel et Methodes

II. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Description de l'ouvrage

Le barrage Béni Haroun est considéré comme l'un des plus grands projets réalisés à ce jour sur le plan national. Situé dans la Wilaya de Mila au Nord-Est de l'Algérie au cœur d'un grand complexe hydraulique grâce à la mobilisation des eaux venant d'Oued Endja et Oued Rhumel le barrage a été mis en exploitation en 2003, il est conçu en BCR (Béton compact roulé). Sur le plan technique, il atteint les 118 m de hauteur au-dessus des fondations, une longueur de 710 m en crête, avec une capacité de retenue normale de 960 millions de m³ et il a atteint son niveau maximum avec un milliard de m³ en 2013. Et sera d'un apport annuel moyen d'environ 730 m³/an.



Figure 02 : présentation du barrage Béni Haroun e (D.H.W Mila, 2015).

Le barrage alimente en eau potable plusieurs régions limitrophes de la wilaya de Mila, notamment les wilayas de Jijel, Constantine, Oum el Bouaghi, Batna et Khenchela. Le barrage fournit également une quantité importante d'eau d'irrigation pour quelques centaines d'hectares d'exploitations agricoles dans les régions voisines (A N B T, 2015 ; D H W Mila, 2015).

II.1.2. Délimitation du barrage

Le barrage de Béni Haroun est situé à environ de 40 kilomètres au nord de la ville de Constantine et à 350 kilomètres à l'Est d'Alger dans le nord-est de l'Algérie sur l'Oued Kébir. Le barrage se trouve à l'extrémité amont de la gorge de Béni Haroun, à environ 4 km du confluent de l'oued Rhumel et de l'oued Endja.

Le volume total de la retenue est de 960 millions de m^3 , permet la régularisation d'environ 435 millions de m^3 par an.

II.1.3. L'hydrographie de la région d'étude

La région de Béni Haroun se trouve au sein du bassin versant Rhumel-Kebir pour cela, nous avons jugé utile de procéder d'abord à l'étude hydrologique de ce bassin. Cette étude est faite par Mebarki en 1982 nous a servi de document principal pour la description de l'hydrologie du milieu.

Le bassin versant Kebir-Rhumel se caractérise par un réseau hydrographique assez dense formé essentiellement de deux grands sous bassins (Figure 04).

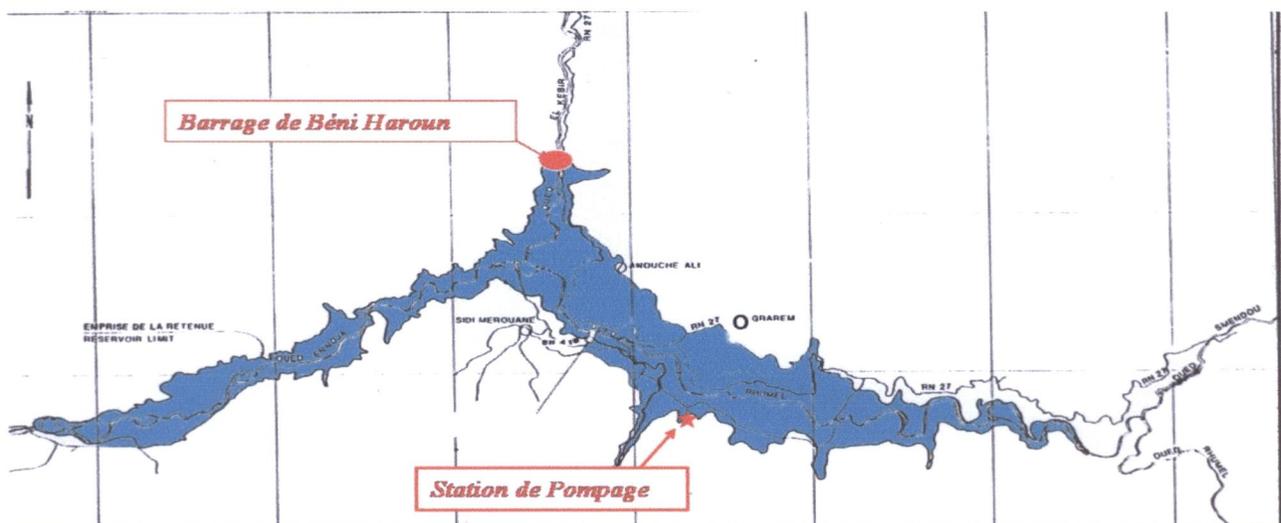


Figure 03 : bassin versant du barrage Béni Haroun (D.H.W Mila, 2015).

Le sous bassin de Rhumel (170 km^2), drainant une superficie de 5315 Km^2 , prend sa source vers 1160 m dans les marges méridionales du tell, au nord-ouest de Blaa, il traverse les hautes plaines constantinoises, avec une orientation Sud-Ouest, Nord Est jusqu'à Constantine. Là il change brusquement de direction et tourne presque à angle droit pour couler en oblique vers le Nord-Ouest

et confluer avec l'Oued Endja aux environs de Sidi-Marouane. Le long de son chemin, Oued Rhumel collecte quelques affluents entre autres : Oued Derki, Oued Athménia, Oued Seguin, Oued Bou-Merzoug, Oued Smendou et Oued El-Ktone.

Le sous bassin d'Oued Endja (140 Km^2) drainant une superficie de 2160 Km^2 a sa source près de Douar Tassadane situé au Nord-Ouest de Ferdjioua. Il suit une direction Sud-Ouest à travers les reliefs montagneux du Tell, parallèlement à la chaîne numidique qui le borde au nord. Cet Oued voit grossir son débit régulièrement par l'intermédiaire des affluents d'Oued Bouslah, Oued Rama, Oueds (Redjas, Melah et Kebir) (Mebarki, 1982).

II.1.4. Climatologie

Le climat de la région d'étude est de type continental, Semi-aride avec un hiver pluvieux et froid et un été sec et chaud. Du point de vue bioclimatique, la (figure 05) montre l'existence de deux domaines ; le domaine subhumide et le domaine semi-aride (O.N.M, 2014).

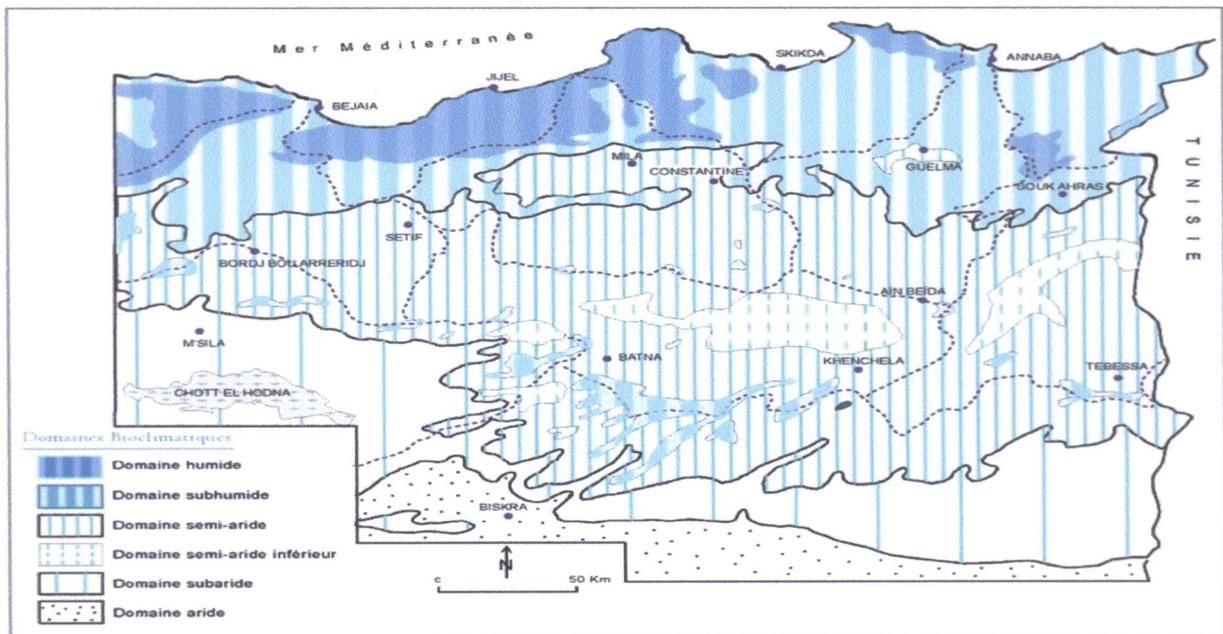


Figure 04 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Mebarki, 2005).

II.1.4.1. Les précipitations

D'après l'analyse des données recueillies au près du service météorologique d'Ain El Bey, la région d'étude reçoit environ (641.5 mm) de pluie annuellement avec une moyenne mensuelle de (49.34 mm). Le maximum des pluies est enregistré entre le mois de novembre et janvier. Les mois de juillet et août ne reçoivent que de faibles quantités (figure 5).

II.1.4.2. Les températures

Figure (06), montre que les températures mensuelles de notre zone d'étude atteignent leur minima au mois de janvier, avec une valeur de (2,89°C). Les maxima sont observés au mois de juillet, avec une valeur de (34.50°C). La moyenne annuelle des minima est de (10.19°C) et celle des maxima est de (22.51°C). Pour la moyenne annuelle arithmétique « $M+m/2$ » est de (16.35 °C).

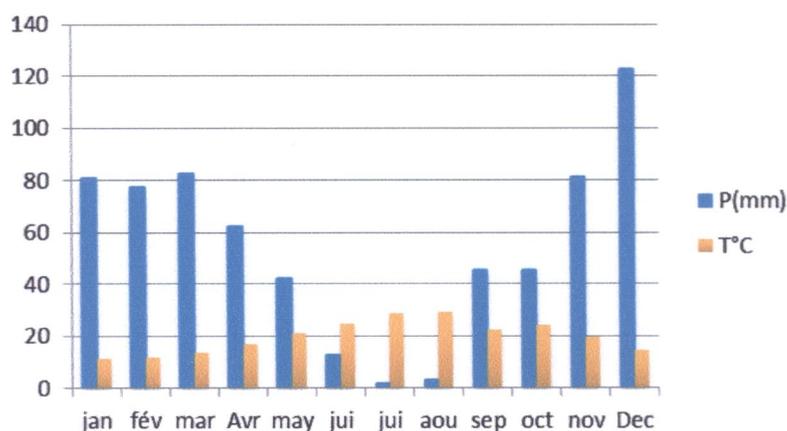


Figure 05 : histogramme des précipitations et températures dans la région de Béni Haroun (Période 2000 à 2014, source O.N.M de Constantine, 2015)

II.2. Echantillonnage et techniques de prélèvements

II.2.1. Choix des stations de prélèvements

La contamination de l'eau douce par les métaux lourds est devenue une matière préoccupante non seulement parce qu'elle limite l'utilisation de l'eau pour les différents usages, mais aussi pour les dommages des organismes aquatiques. Ce travail a visé à surveiller la qualité des eaux du barrage Béni Haroun et de valider les poissons comme un bioaccumulateur et bioindicateur.

Dans notre étude expérimentale, le choix s'est appuyé sur le *Barbus barbuis* comme un animale sentinelle et capable de renseigner sur la qualité des eaux douces.

-Trois stations ont été retenues dans notre étude, il s'agit de :

- **Station 01** : située à côté de la digue dans la cuvette du barrage, qui sert exécutoire des différents rejets charriés par les deux oueds qui alimentent le Barrage (figure 06) ;
- **Station 02** : Se trouve au niveau d'Oued Rhumel qui reçoit les rejets de la wilaya de Constantine (figure 06) ;
- **Station 03** : située au niveau d'Oued Endja comme étant le deuxième oued qui alimente le barrage (figure 06).

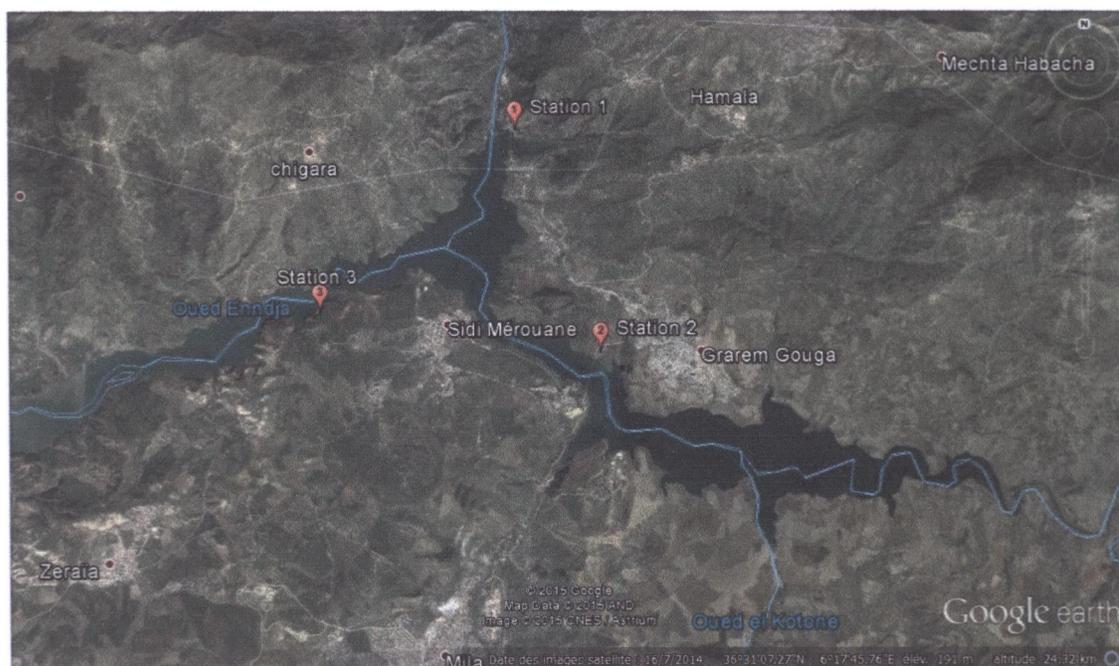


Figure 06 : Carte représentative des différentes stations (Google Earth, 2015).

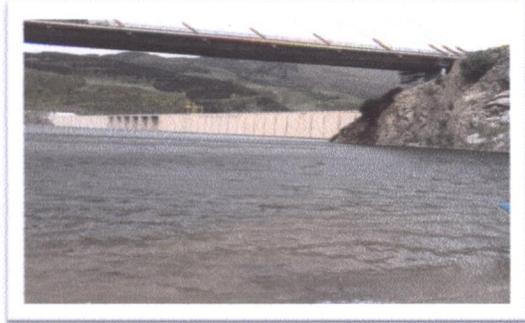


Figure 07 : Station 01



Figure 08 : Station 02



Figure 9 : Station 03

II.2.2. Campagnes de prélèvement

Les échantillons analysés au cours de notre étude sont le résultat de trois campagnes d'échantillonnage la première au mois d'Octobre, la deuxième en mois de Mars et la troisième au mois de Juin Qui ont permis d'établir un suivi saisonnier de l'état de la contamination du barrage de Béni Haroun.

II.2.3. Mode de prélèvement

II.2.3.1. Prélèvement et préparation des échantillons du poisson

Les prélèvements d'échantillons ont été effectués dans des conditions très favorables.

En règle générale Les individus matures de l'espèce *Barbus barbuis* ont été capturés par les pêcheurs en utilisant un filet, ils sont transportés au laboratoire dans un sac isotherme d'une façon à laisser les poissons vivants.

Dès le retour au laboratoire les poissons ont été pesés, leur longueur a été mesurée et leur sexe a été déterminé. Après sacrifice, dissection et détermination du sexe, les muscles sont examinés et misent au réfrigérateur à -25°C.

II.2.3.2.Choix de l'espèce étudiée

Dans Cette étude on s'intéresse de la famille des *Cyprinidés* ; en particulier Le barbeau commun ou barbeau fluviatile (*Barbus barbuis*), comme une espèce bioindicateur puisqu'il répond à plusieurs critères de sélection, il est abondant, facile à échantillonner, présent toute l'année, suffisamment grosse, robuste et tolérante contre la majorité des contaminants.

- **La taxonomie de l'espèce**

Tableau 02 : présente la classification de l'espèce *Barbus barbuis* (Muus Bent , 2003).

Règne	<i>Animalia</i>	
Embranchement	<i>Chordata</i>	
Sous-embr	<i>Vertebrata</i>	
Classe	<i>Actinopterygii</i>	
Ordre	<i>Cypriniformes</i>	
Famille	<i>Cyprinidae</i>	
Genre	<i>Barbus</i>	
Espèce	<i>Barbus barbuis</i>	

- **Caractères généraux :**

Le Barbeau commun ou barbeau fluviatile (*Barbus barbuis*) est un poisson cyprinidé, est l'un des poissons courants dans nos rivières. Il a un corps élancé et musclé. Son dos est arrondi et sa partie

ventrale plate, adapté à se poser sur le fond (**Muus Bent , 2003**). Son corps est couvert de petites écailles. Sa bouche s'ouvre vers le bas et il a quatre barbillons à la lèvre supérieure. Le plus long rayon de sa nageoire dorsale est ossifié. Sa couleur est variable avec un dos généralement gris verdâtre et des flancs plus clairs. Le Barbeau atteint couramment entre 30 et 60 cm pour un poids de 500g à 2 kg, rarement 1m de long pour 8 à 12 kg (**Karel, 1991**).

- **Habitat**

La zone du Barbeau succède à celle de l'ombre. Il colonise les eaux courantes et profondes au fond pierreux ou sableux. En été, il se tient volontiers parmi les plantes aquatiques, mais, lorsque vient l'automne, il immigre vers les eaux les plus profondes de la rivière ou du lac et se réfugie sous les pierres ou dans les cavités naturelles du fond. En cette saison, les Barbeaux se réunissent parfois en très grands nombre dans leurs cachettes et se disposent par couches, les uns au-dessus des autres, pour passer l'hiver en léthargie.

Le Barbeau est un Poisson remarquablement vif et agile. Pendant la journée, il reste généralement caché. La nuit, il est sans cesse en mouvement et inspecte inlassablement le fond, à la recherche de sa nourriture (**Karel, 1991**).

- **Régime alimentaire**

Le barbeau est omnivore à dominance carnée. Il est intéressé par tout ce qu'il trouve sur le fond de la rivière.

Grace à ces barbillons, le Barbeau détecte sa nourriture sur le fond, dans la végétation aquatique ou sous les graviers et les galets, qu'il retourne avec son puissant museau. Il mange surtout des vers, des larves, des mollusques et des crustacés d'eau douce mais sa préférence va aux insectes aquatiques à tous les stades de leur évolution. Il se conte par fois de restes d'animaux, de mousses et d'algues. Il s'attaque aussi aux œufs et aux alevins des Salmonidés (**Breton et al., 2002**).

- **La reproduction**

La reproduction est une fonction aussi importante que l'alimentation : tandis que la nourriture garantit la survie de l'individu, la reproduction assure la survie de l'espèce (**Karel, 1991**).

Entre mi-avril à mi-juillet les femelles pondent de 30000 à 60000 œufs par jours, adhésifs, de 1,5 mm de diamètre. Ces œufs sont toxiques. L'incubation dure une ou deux semaines. La maturité sexuelle est atteinte en 3 ou 4 ans, la durée de vie moyenne du barbeau est d'environ 12 ans (jusqu'à 20 ans) (Breton *et al.*, 2002).

II.4. Méthodes de mesure et d'analyse

II.4.1. Extraction des métaux lourds

Pour l'extraction des métaux lourds nous avons utilisé la méthode de (FAO, 1983), dont 1g de chair, a été minéralisé en utilisant 3 volume d'une mixture de $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ (1,5ml/1,5ml), le mélange est mis dans un bain de sable à 160°C pendant 30min, après refroidissement le contenu a été filtré par des papiers filtres, et dilué dans 25ml d'eau distillée. Le dosage des métaux lourds a été effectué par spectrophotomètre d'absorption atomique de type La SAA SHIMADZU A A6200 Atomique Absorption flamme Emission Spectrophotomètre.

II.4.2. Dosage des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

Le principe de la SAA est basé sur la propriété d'absorption d'un rayonnement lumineux par un élément en fonction de sa concentration dans la solution à analyser. Les atomes d'un élément donné sont capables d'absorber l'énergie apportée par des photons dont la fréquence est caractéristique de l'élément à doser.

L'élément à doser dans l'échantillon est préalablement dissocié de ses composés chimiques et porté à l'état non excité et non ionisé dit « état fondamental », cette dissociation thermique est obtenue par la combustion de l'échantillon dans une flamme ou dans un four en graphite. Une fois dissocié, l'élément est alors capable d'absorber des radiations de longueurs d'onde bien définies, qu'il est capable d'émettre (loi de Kirchoff). La SAA SHIMADZU A A6200 Atomique Absorption flamme Emission Spectrophotomètre, avec lequel nous avons effectué les dosages, comporte les dispositifs suivants : la source de radiation, le système d'atomisation, le dispositif de la flamme air acétylène, un monochromateur (filtre), un dispositif de réception photo électrique et de mesure, un détecteur (Audry, 2003).



Figure 10 : La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).

II.5. Analyse statistique

Pour le calcul des statistiques élémentaires et pour une meilleure illustration des résultats nous avons procédé au calcul des moyennes et d'écart types. L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel au test de "ANOVA". multifacteurs, Afin d'analyser les effets des facteurs mois, sexe. Tous les calculs ont été effectués en utilisant le logiciel STATISTICA (version 7.0).

Le seuil de signification est représenté dans la figure 12.

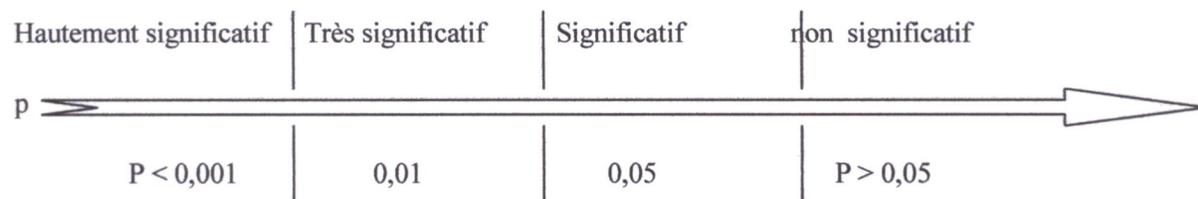


Figure 11 : Schéma représentatif du seuil de signification.

Chapitre III: Résultats et interprétation

III.1. Les résultats d'analyse de l'espèce *Barbus barbuis*

III.1.1. Etude biométrique chez l'espèce

✓ Le poids

Les valeurs moyennes du poids chez *Barbus barbuis* mesurés durant les trois mois, ont une valeur moyenne minimale de l'ordre de **178,5±2,12 g** Observée chez les femelles pendant le mois de mars, et une valeur moyenne maximal de l'ordre de **415,75±156,09 g** enregistrée chez les males durant le même mois (tableau 03)(figure12).

✓ La longueur

Les valeurs de la longueur chez *Barbus barbuis* mesurés, ont une valeur moyenne minimale de l'ordre de **21,04±0,7cm** chez les femelles pendant le mois de Mars , et une valeur moyenne maximal de l'ordre de **23,25±4,2 cm** chez les femelle dans le mois d'octobre (tableau 03) (figure12)

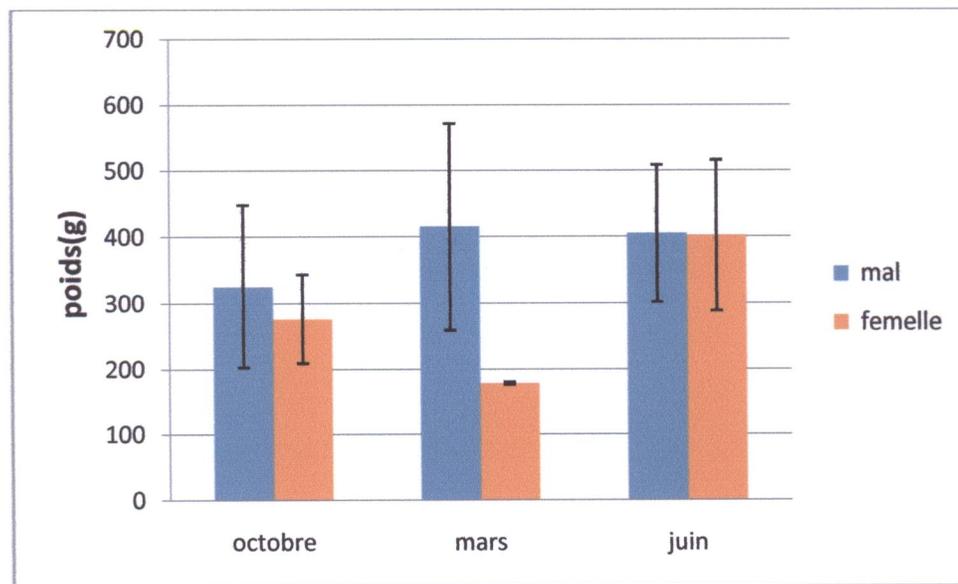
Tableau 03 : Paramètres biométriques (poids et longueur) mesurés chez les males et les femelles de l'espèce *Barbus barbuis* durant la période Octobre-Juin 2015.

✓ Mesure du poids

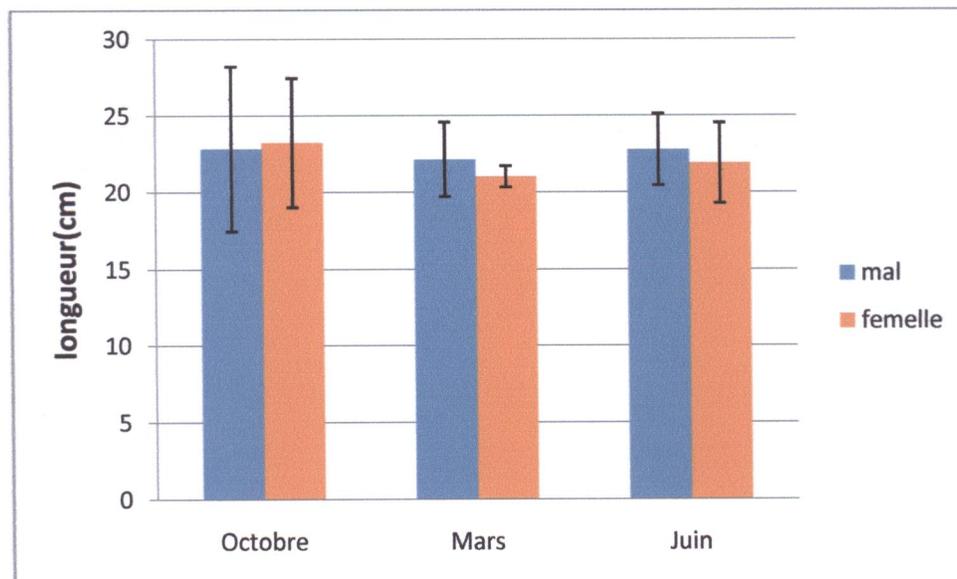
Octobre		Mars		Juin	
Femelle (n=8)	276 ,42±66,91	Femelle (n=2)	280±2,12	Femelle (n=6)	402,1±113,81
Mal (n=8)	325,75±122,61	Mal (n=4)	415 ,75±156,09	Mal (n=10)	405,17±103,29

✓ Mesure de la longueur

Octobre		Mars		Juin	
Femelle (n=8)	23,25±4,2	Femelle (n=2)	21,04 ±0,7	Femelle (n=6)	21,91 ±2,64
Mal (n=8)	22,85±5,36	Mal (n=4)	22,15 ±2,44	Mal (n=10)	22,8 ±2,33



(A)



(B)

Figure12 : (A) et (B) Paramètres biométriques (poids et longueurs) chez les males et les femelles de l'espèce *Barbus barbuis* observés pendant la période Octobre-juin 2015.

III.2. Résultats des concentrations des métaux lourds dans le Barbeau

Les concentrations en quatre métaux étudiés dans la chair de *Barbus barbuis* sont représentées dans les figures 13 à figure 16 Ci-dessous et développées dans le tableau 03.

Tableau 04 : les résultats d'analyse des métaux lourds dans le *Barbus barbuis* dans le lac barrage Béni Haroun durant la période Octobre-Juin 2015. Les valeurs sont exprimées en $\mu\text{g/g}$ de poids frais (moyenne \pm écartype) ; m ; male, f : femelle ; n : nombre d'individus.

année	Mois	Sexe	N	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Cr ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)
2014	Octobre	m	08	3,71 \pm 1,21	3,81 \pm 0,91	7,57 \pm 1,22	0,83 \pm 0,092
		f	08	3,57 \pm 0,96	4,51 \pm 0,56	6,10 \pm 1,56	0,78 \pm 0,12
	Mars	m	04	3,70 \pm 0,19	3,81 \pm 0,31	6,68 \pm 0,51	0,82 \pm 0,16
		f	02	3,7 \pm 0,15	1,39 \pm 0,12	9,01 \pm 0,14	0,78 \pm 0,07
2015	Juin	m	10	3,59 \pm 0,43	3,79 \pm 0,68	10,91 \pm 1,37	
		f	06	3,57 \pm 0,30	3,73 \pm 0,91	9,11 \pm 1,08	
		H	02	3,7 \pm 0,41	3,85 \pm 0,32	10,56 \pm 0,96	
Valeurs de référence (Moore et Ramamoortly, 1984, CEA-DP, 1973)				<1 $\mu\text{g/g}$	0,01-0,5 $\mu\text{g/g}$	0,1-3 $\mu\text{g/g}$	<0,05 $\mu\text{g/g}$
Norme (OMS)(Mason, 1987)				30		2 $\mu\text{g/g}$	0,5 $\mu\text{g/g}$
Norme (CEE in : Levert D et al., 2008)					1 $\mu\text{g/g}$	0,3 $\mu\text{g/g}$	0,05($\mu\text{g/g}$)

a) Le cuivre

Les concentrations moyennes du cuivre observées dans la chair de l'espèce *Barbus barbuis* capturées durant les trois mois sont supérieures à la valeur de référence fixée par 1 $\mu\text{g/g}$ et inférieures à la norme (OMS in :Mason) (30 $\mu\text{g/g}$). Ces valeurs varient entre un maximum de l'ordre 3,71 \pm 1,21 $\mu\text{g/g}$ observée dans la chair des males au minimum de l'ordre de 3,57 \pm 0,96 observée dans la chair des femelles (tableau 04).

Effet sexe :

L'analyse de la variance et l'observation de la figure 13 nous a permis de tirer les conclusions suivantes:

- Le teste ANOVA a révélé l'absence de l'effet sexe.
- aucune variation temporelle n'a été observée. (annexe I)

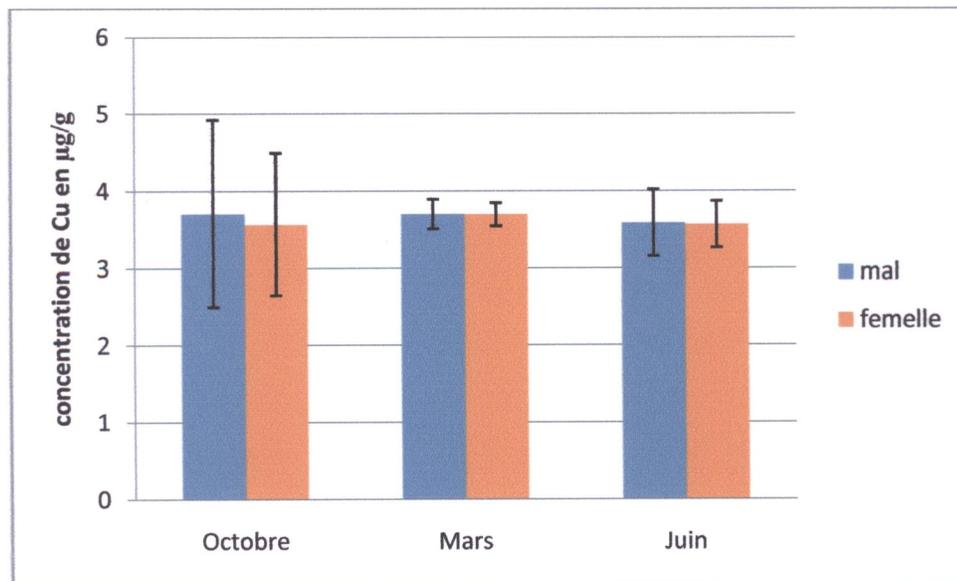


Figure 13 : Les teneurs moyennes en cuivre dans la chaire de l'espèce *Barbus barbatus* capturée dans le barrage de Béni Haroun durant la période Octobre 2014-Juin 2015.

b. Le chrome

D'après les résultats obtenus nous constatons que les teneurs en chrome dans les trois mois sont supérieures à la valeur de référence fixée par ($0.5 \mu\text{g/g}$), et à la norme CEE ($1 \mu\text{g/g}$). Ces valeurs s'étendent entre une valeur moyenne minimale de l'ordre de $1,39 \pm 0,12 \mu\text{g/g}$ observée dans la chaire des femelle pendant le mois de mars, et une valeur moyenne maximale de l'ordre de $4,51 \pm 0,56 \mu\text{g/g}$ notée chez les femelles dans le mois d'octobre (tableau 04).

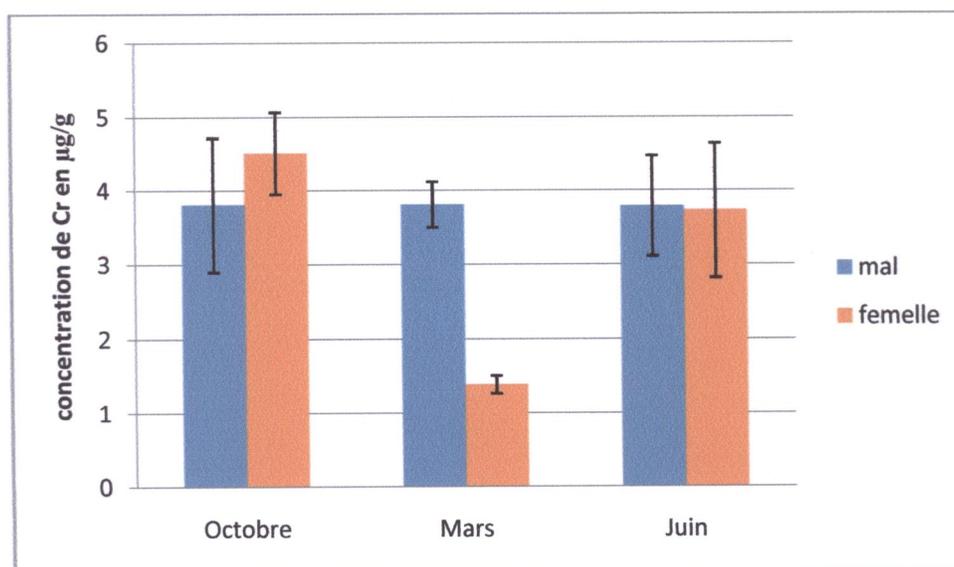


Figure14: Les teneurs moyennes en Chrome dans la chair de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac du barrage Béni Haroun durant la période Octobre 2014- Juin 2015.

- l'analyse de la variance nous a permis de constater l'absence d'une grande différence entre les deux sexes et les trois mois, cependant nous avons observé une légère augmentation des concentrations du chrome pendant le mois d'octobre chez les males (figure14)

c. Le plomb

Les teneurs en plomb dans la chair de *Barbus barbuis* observées au cours de notre étude sont généralement très fortes et supérieure à la valeur de référence ($0,3 \mu\text{g/g}$) et aux normes CEE ($0,3 \mu\text{g/g}$) et OMS ($2 \mu\text{g/g}$). Ces teneurs varient entre une valeur moyenne minimale de l'ordre de $6,10 \pm 1,56 \mu\text{g/g}$ notée chez les femelles dans le mois d'octobre, et une valeur moyenne maximale de l'ordre $10,91 \pm 1,37 \mu\text{g/g}$ observée chez les males dans le mois de juin (tableau 04).

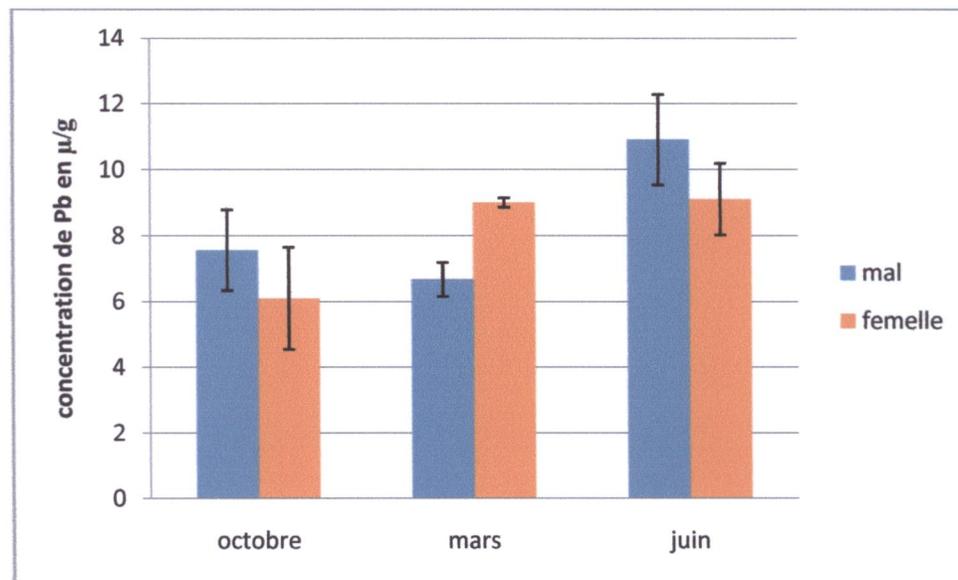


Figure15 : Les teneurs moyennes en plomb dans la chair de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac du barrage Béni Haroun durant la période Octobre 2014- Juin 2015.

L'analyse de la variance nous a permis de d'observer une différence temporelles hautement significative ($p < 0,001$). Le mois de Juin présente les valeurs du plomb les plus élevées (figure15).

d .Le cadmium

Les valeurs du cadmium observée dans la chair de *Barbus barbuis* durant notre étude sont supérieures, à la valeur de référence fixée par (**0,05 µg/g**) ces valeurs dépassent les normes internationales **CEE et OMS** (tableau 04). Elles s'échelonnent entre une valeur moyenne minimale de l'ordre de **0,78±0,07 µg/g** observée dans la chair des femelles durant le mois d'octobre et Mars , et une valeur moyenne maximale de l'ordre de **0,83±0,092 µg/g** notée chez les males de mois d'octobre (tableau 04).

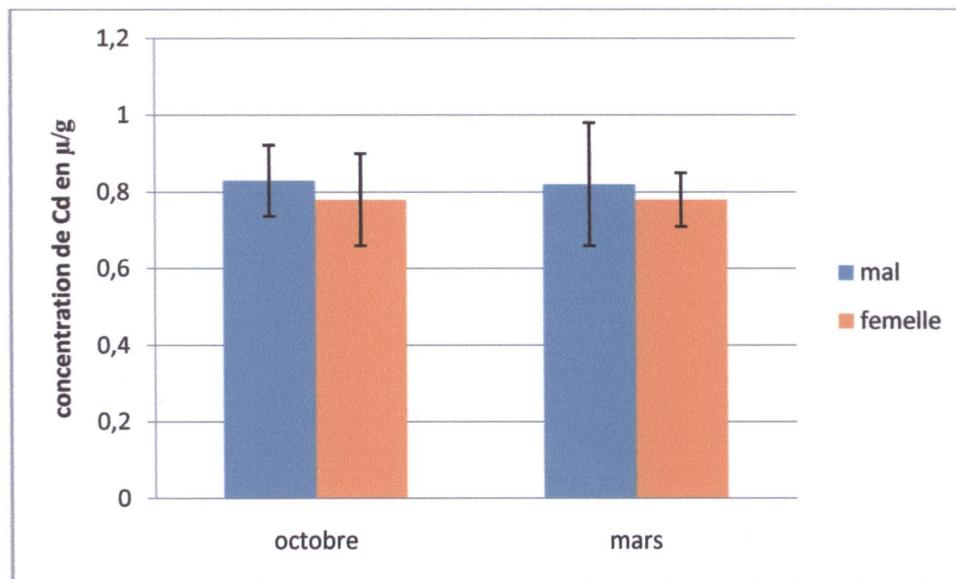


Figure16: Les teneurs moyennes en cadmium dans la chair de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac du barrage Béni Haroun durant la période Octobre 2014- Juin 2015.

L'analyse de la variance n'as pas permis la mise en évidence d'une forte différence entre les deux sexes et les deux mois, Toutefois l'observation de (la figure16) a montré une légère augmentation chez les males.

Chapitre IV: Discussion

Les écosystèmes aquatiques de plus en menacés par différentes sources de Pollution qui risquent de diminuer ses potentialités économiques et d'avoir des répercussions néfastes sur la santé humaine (**Serghini, 2003 ; El Morhit, 2005**). Entre autre, la pollution par les éléments traces métalliques essentiels et non essentiels ont un intérêt écotoxicologique particulière à cause de leur persistance, bioaccumulation et bioamplification dans la chaîne alimentaire (**weber et al., 2013**).

Les métaux lourds représente actuellement un facteur toxicologique important dont les conséquences sur les organismes aquatiques peuvent affecter la vie aquatique depuis les producteurs primaires, le danger de contamination s'amplifié au fur et à mesure que l'on monte à travers les maillons des chaînes trophiques, les métaux lourds peuvent provoquer des troubles comportementaux, physiopathologiques et de fécondité, congénitaux, de mutations, en plus de leur divers effets cancérigènes (**Sobhi, 1997**).

Une fois les ETM sont déversés dans les milieux aquatiques, ils présentent généralement une grande tendance à se lier aux matières en suspension, (**Kelderman et Ozman, 2007**), ils peuvent donc être transférés dans le réseau trophique et s'accumuler dans la matière vivante, y compris les poissons qui représentent une source importante de nourriture pour l'homme mais aussi un bon indicateur de la contamination environnementale (**Dusquene, 1992 ; Noël et al., 2013**).

Le barrage Béni Haroun, est économiquement important par sa capacité de stockage d'une grande quantité de l'eau, il contribue à l'alimentation d'une grande proportion de la population de six wilayas de l'Est algérien par l'eau potable, il est aussi considéré comme une source importante de la pêche continentale (**ANB, 2015**). Les apports des sédiments en font un milieu instable et particulièrement sensible. Cette fragilité est aggravée par la présence des contaminants provenant des activités humaines. Ainsi ce plan d'eau sert d'exutoire à plusieurs rejets urbains et industriels, transportés par ses principaux affluents oued Rhumel et Oued Endja , sans compter les pesticides et les engrais qui y sont amenés lors du lessivage des terrains agricoles. C'est dans cette optique que nous sommes intéressés, à la surveillance de la qualité du lac barrage Béni Haroun par la mesure des éléments traces métalliques dans la chair des poissons, nous avons choisi comme modèle, le Barbeau (*Barbus barbus*) représente une source importante de la pêche et de la nourriture pour les personnes habitants dans les communes avoisinantes du barrage à savoir Sidi Marouène , Elgrarem, Mila et Elroueched . Cette espèce de poissons et d'autres sont aussi intensivement utilisées dans les restaurants des cités du centre universitaire de Mila (**direction de la pêche Mila 2015**). Il va sans dire que ces

poissons sont considérés comme une source principale d'exposition humaine aux métaux lourds et peuvent affecter directement la santé de l'homme (Erdogrul, 2004 ; Zhou et al., 2008).

L'évaluation globale des résultats de la présente étude mis en évidence la présence des métaux cibles de l'étude dans tous les individus étudiés en signalant un gradient de concentration $Cd < Cr < Cu \leq Pb$ durant toute la durée d'étude. D'une manière générale les concentrations des métaux obtenues dépassent largement les valeurs de référence obtenus par (Moore et Ramamoortly, 1984 ; CEA-DP, 1973), ces valeurs sont de l'ordre de $<1 \mu\text{g/g}$ pour le cuivre, $0,01-0,5 \mu\text{g/g}$ pour le chrome, $0,1-3 \mu\text{g/g}$ pour le plomb $<0,05 \mu\text{g/g}$ pour le cadmium. Les concentration du plomb ; du cadmium ; et du chrome sont supérieurs aux normes OMS($Cu= \mu\text{g/g}$, $Pb=2 \mu\text{g/g}$, $Cd=0,5 \mu\text{g/g}$) et CEE ($Cd= 0,05 \mu\text{g/g}$ et $Pb= 0,3 \mu\text{g/g}$, $Cr=1 \mu\text{g/g}$) : quant au cuivre les valeurs obtenues sont loin de dépasser les normes OMS. Il va sans dire que la consommation de l'espèce *Barbus barbus* présente un danger potentiel pour la population des communes limitrophes du barrage et pour les étudiants du centre universitaire de Mila.

Notre étude a montré des valeurs du plomb élevées durant le mois de Juin, ce qui peut être expliqué par la période de reproduction, où les poissons consomment les graisses, qui contiennent des quantités très importantes en métaux lourds, pour compléter leur cycle de reproduction.

D'une manière générale la détection des métaux étudiés dans l'espèce *Barbus barbus* revient à la présence de plusieurs sources de pollution :

- Les eaux usées urbaines de la wilaya de Mila et la wilaya de Constantine transportées par Oued Rhumel et Oued Endja;
- Le lessivage des ordures ménagères incontrôlées situées dans le bassin versant Kébir – Rhumel. en effet une étude sur les métaux lourds dans les déchets fait apparaître les que le plomb forme de 52.9mg/kg de papiers, 26.1mg/kg de cartons, 99.2mg/kg de textiles, 373.7mg/kg de verres et 77.5mg/kg de piles. (Rousseaux, 1991), elle a montré aussi que le cadmium forme 12.1mg Cd/kg , les verres(1.3mgCd/kg), les textiles(6.8mg Cd/kg), les cartons (1.4mg Cd/kg), les piles(26.6mg Cd/kg), les métaux d'alliages(7.4mg Cd/kg).
- Le lessivage des terrains agricoles traités par les engrais; en effet les analyses des métaux sur les fertilisants phosphatés et potassés ont révélé des teneurs allant jus qu'à 6.3 mg de Cd/kg (Raven et al., 1997).

- la circulation automobile et notamment la combustion de l'essence (le plomb est utilisé dans les hydrocarbures sous forme d'alkylplomb pour ses propriétés antidétonantes (**Blanchard, 2000**), et l'usure des freins, des pneus, et des carrosseries.

En comparant nos résultats avec ceux obtenus par les études citées dans la littérature, les teneurs en plomb, cuivre et chrome dans l'espèce étudiée sont généralement supérieures à celle observées par (**Karadede et unlu, 2000**) dans une étude réalisée sur l'espèce *Chondrostoma regium* capturée dans le Barrage Atatürk Turquie, à celle obtenus par (**Noël et al, 2013**) durant une étude réalisée en France sur l'espèce *Cypinus carpio*, et celles trouvées par (**Younis et al.,2015**) dans une étude réalisée en Arabie Saoudite sur l'espèce (*Oreochromis niloticus*), Quant au Cadmium, les concentrations observées au cours de notre études sont supérieures à celle trouvées par (**Karadede et unlu, 2000**) et à celle obtenues par (**Noël et al., 2013**) et inférieures à celle observées par (**Younis et al., 2015**) (tableau 05).

Tableau 05 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux (Cu, Cr, Pb, et Cd) exprimées en $\mu\text{g/g}$ poids frais dans les poissons du barrage de Béni Haroun avec celle observées dans les autres travaux de recherche.

	Espèce	Cd ($\mu\text{g/g}\cdot\text{pf}$)	Pb ($\mu\text{g/g}\cdot\text{pf}$)	Cu ($\mu\text{g/g}\cdot\text{pf}$)	Cr ($\mu\text{g/g}\cdot\text{pf}$)	Référence
Barrage Béni Haroun	<i>Barbus barbuis</i>	0.8±0.1	3.55±0.5	3.12±0.7	3.5±1.2	
Barrage Ataturk	<i>Chondrostoma regium</i>	ND	ND	2.29±1.25		Karadede et unl, 2000
Golfe de catania italy	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0.05±0.03	0.005±0.01	1.89±0.90	0.89±0.17	Copat et al., 2012
Espace de pêche en France	<i>Cyprinus Carpio</i>	0.001	0.002 ± 0.001			Noël et al., 2013
canals in Al-Ahsa, Arabie Saoudite	<i>(Oreochromis niloticus)</i>	3.344 ± 0.06	1.76 ± 0.30			Younis et al., 2015

conclusion

Afin d'évaluer le risque de contamination du barbeau (*Barbus barbus*) du barrage Béni Haroun par les métaux lourds. Une méthodologie allant de la collecte des échantillons en passant par la caractérisation des paramètres biométriques, l'extraction et l'analyse par la SAA a été appliquée.

Les résultats obtenus montrent que le lac du barrage est assez dégradé. Il est certains que le barrage subit l'influence des rejets des sites urbains de la wilaya de Constantine et la wilaya de Mila.

Les valeurs du plomb, du Cadmium, du Chrome et du cuivre enregistrées dans les tissus des poissons sont supérieures aux valeurs de référence trouvées dans des poissons capturés dans des zones non contaminées.

La comparaison des teneurs des métaux étudiés avec celle de CEE, et de l'OMS nous a permis de constater que les poissons subissent une contamination métallique importante par le plomb et le cadmium et le chrome. Quant au cuivre ; les teneures obtenues ne dépassent pas la norme OMS.

Notre étude à montré le risque au quel est exposée la population humaine qui consomme les poissons du barrage. Cette situation nous pousse à poser la problématique de lutte. Ainsi, nous recommandons quelques scénarios d'intervention :

- Au niveau des zones urbaines

- ✓ Il s'agit d'optimiser le rendement des stations d'épurations en améliorant le raccordement des réseaux dans leurs fonctions de transport des rejets vers les stations d'épurations existantes dans le bassin versant.
- ✓ De créer d'autres stations afin d'optimiser les débits traités et d'assurer une bonne protection du milieu récepteur.
- ✓ de lutter contre les décharges publique sauvage en construisant des décharges publique contrôlées.

- Au niveau des industries

- ✓ Il est question de séparer les rejets urbains des rejets industriels en installant des stations d'épuration adaptées à la nature des rejets et en contrôlant les rejets au moyen d'analyses régulières. L'auto mesure est un moyen très efficace.
- ✓ La formation de personnel qualifié pour la gestion des stations est nécessaire.

-Au niveau agricole :

Limiter l'utilisation des engrais chimique et des pesticides en les remplaçant par des engrais verts et de biopesticides.

Références bibliographiques

Agence Nation des Barrage et de Transfert (ANBT) ,2015.

Agence nationale des barrages Beni Haroun, 2015

Akcha F., Vincent Hubert F., Pfol-Leszkowicz, A., 2003. Potential value of the comet assay and DNA adduct measurement in dab (*Limanda limanda*) for assessment of in situ exposure to genotoxic compounds. Mutation Research/Genetic Toxicology And Environmental Mutagenesis 534, pp 21-32.

Alloway B.J., 1995. Heavy metals in soil. Edition Blackie academic & professional. Second Edition.PP 299-320.

Alloway B.J., 1995.Heavy letals in soils. Second edition. Blackis Academic and Professional, London, 368 pp.

Anonyme., 1995. Conseil supérieur de la pêche. Réseau hydrobiologique et piscicole et mesures de la contamination des poisons du bassin Artois-Picardie: Campagne 1994.Rapport intermédiaire. Convention d'étude Agence de l'Eau 1992. Douai. 141 p.

Approche scientifique et pratique .5^e édition, Lavoisier, Paris, 282-288 pp

-Arris S., 2008. Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sous-produits de céréale. Thèse de doctorat de l'université de Constantine. Algérie ,pp23.

Audry S., 2003. Bilan géochimique du transport des éléments traces métalliques dans le système fluvial anthropisé Lot-Garonne-Gironde. Thèse de doctorat, Spécialité Géosciences, Sciences de l'environnement, Université de Bordeaux I, 441p.

Audry S., 2003. Bilan géochimique du transport des éléments traces métalliques dans le système fluvial anthropisé Lot-Garonne-Gironde. Thèse de doctorat, Spécialité Géosciences, Sciences de l'environnement, Université de Bordeaux I, 441p.

Azimi S., 2004. Flux et bilan des retombés atmosphériques des métaux en île de France. Thèse de Doctorat. Spécialité science et Techniques de l'environnement, Université des ponts et Chaussées, 337p.

Beliefert C., Perraud R., 2001. Chimie de l'environnement. Air, eau, sol, déchets. 1^{ière} Edition, 477p.

Ben Ameer W., D Lapuente J., Yel Megdiche Y., Barhoumi B., Trabelsi S., Camps L., Serret J., Ramos-López D., Gonzalez-Linares J., Driss MR., Borràs M., 2012. Oxidative stress, genotoxicity and histopathology biomarker responses in mullet (*Mugil cephalus*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) liver from Bizerte Lagoon (Tunisia). *Marine Pollution Bulletin.*, 64, PP. 241–251.

Bernard A; Lauwerys R., 1986. Cadmium in human population;, *Experientia.* 50 (suppl.), pp 114- 123.

Blanchard C., 2000. Caractérisation de la mobilisation potentielle des polluants inorganiques dans les sols pollués. Thèse de doctorat de chimie, Lion; 17-25.

Bliefert & perraud., 2009. chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets, Groupe De Boeck, 2^e édition, Paris. P : 369-387.

Bliefert C ; Perrot R., 2003. Chimie de l'environnement air, eau, Sol, édition de beoeck p189-195.

Bouktah H., 2008. Etude comparative d'adsorption du plomb sur différents adsorbant, mémoire de magister en chimie de l'université de Skikda-Algérie 43pp.

Bozcaarmutl A., Sapmaz C., Aygun Z., Arinc E., 2009. Assessment of pollution in the West Black Sea Coast of Turkey using biomarker reponses in fish. *Marine Environmental Research.*, 67, pp.167-176.

Breton B., Babo D., Pagé J., 2002. Atlas pratique des poissons et méthode de pêche, Atlas, pp 40- 98.

Brignon J. M ., Malherbe L., Soleille S., 2005 .Les substances dangereuses prioritaires de la directive cadre sur l'eau. Fiches de données technico-économiques, Rapport final, -59520. Bulletin des GTV, 4-Aq.-004,pp, 63-71.

Burnol, A ; Duro, L.M., 2005. Elément traces métalliques Guide méthodologique, Recommandation pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines, Rapport final, édition ENRIS, pp149.

Callender E., 2003. Heavy metals in the environment - Historical Trends, In Environmental Geochemistry (ed. B.S. Lollar) Treatise on Geochemistry (eds. H.D. Holland and K.K. Turekian), Elsevier-Pergamon.Oxford. pp 67-106.

Casas S., 2005.Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin ,pp314.

C.E.A-DP .centre de pierrelatte,1973.Etude de la pollution accumulée par les organismes vivants dans l'eau Rhone.section protection.Rapport réalisé avec la collaboration de l'agence de l'eau Rhone-Méditerranée-Corse,pp 9.

CEE (Communauté Economique Européenne), In : Levret D., Lehen A., Sandrine J., Mouchelin J., Berly A., 2008. Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie, éditions AESN, pp.97.

Centre nationale de recherche scientifique(CNRS) .2011.La pollution métallique, pp31.

Chaignon V., 2001. Biodisponibilité du cuivre dans la rhizosphère de différentes plantes cultivées Cas de sols viticoles contaminés par des fongicides. Thèse de Doctorat Géosciences de l'environnement, Université d'Aix- Marseille III, France, pp183 .

Chiffolleau, J.F., Auger D., Chartier, E., Michel, P., Truquet, I., Ficht, A., Gonzalez, J. L., et Romana, L. A., 2001. Spatiotemporal changes in Cadmium Contamination in the Seine estuary (France). *Estuaries* 24 (6B): 1029-1040.

Chovanec A ; Hofer R ; Schiemer F., 2003. Fish as bioindicators. In: Markert BA, Breure AM, Zechmeiser HG (eds) *Bioindicators and biomonitoring*, pp 639–675

Colinet G., 2003. Eléments traces métalliques dans les sols, contribution à la connaissance des déterminants de leur distribution spatiale en région limoneuse Belge. Thèse de doctorat ; spécialité environnement ; Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, communauté Française de Belgique, 415p.

Conseil supérieur de la pêche (CSP), 1995. Réseau hydrobiologique et piscicole et mesures de la contamination des poissons du bassin Artois-Picardie pp 141.

Copat C., Brundo M V., Arena G., Grasso A., iConti G O., Ledda G., Fallico R., Sciacca S., Ferrante M., 2012. Seasonal variation of bioaccumulation in *Engraulis encrasicolus* (Linneaus, 1758) and related biomarkers of exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*., 86 , pp. 31–37.

Cope W.G., J.G.Wiener., R.G.Raba., 1990. Mercury accumulation in yellow perch in winconsin seepage lakes: relation to lake characteristics. *Environ.Toxicol.*9: pp931-940.

Cossa D , 1993. Le plomb en milieu marin. *Biochimie et écotoxicologie* P77 :47-57.

Crine M., 1993. Le traitement des eaux industrielles chargées en métaux lourds. *Turbune de l'eau*, N°.561.pp 3-19.

Dange C., 2002. Etude du comportement des éléments traces en milieu estuarien : approche expérimentale et modélisation, université de Reims Champagne-Ardenne : pp 45-47.

Dechelette M., Palvadeau S., 2004. Mise en place d'une campagne de prélèvement : Projet ECODYN, univ de Toulon et du Var. 32p.

Delval C., Janquin M.A., Richard A., 1988. Réponses d'un poisson plat-le flet (*Platichthys flesus*) aux pollutions métalliques par élaboration de métallothionéines : compétition entre Zn, Cu et Cd. *Océanis.*, 14 (4), pp. 519-524.

Deneux-Mustin S., Roussel-Debet S., Mustin C., Henner P., Munier-Lamy C., Colle C., Berthelin J., Garnier-Laplace J., Leyval C., 2003. Mobilité et transfert racinaire des éléments en traces: influence des micro-organismes du sol. Paris, Editions Tec & DocLavoisier, 280p.

Deschamps T., Benzaazoua M., Bussière B., Belem T., Mbonimpa M., 2006. Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide : cas de stabilisation des sols contaminés et des déchets industriels. *Vertigo la revue de science de l'environnement*, pp.1- 10.

Dhaou-El-Djabine K., 2005. Evaluation et comportement des métaux lourds (Cd – Cr – Cu – Ni – Pb – Zn et Mn) dans les sols a vocation agricole et a végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique, Thèse de Magister de l'université de Mentouri de Constantine - Algérie.pp 75.

Direction de l'Hydraulique de Wilaya de Mila, 2015.

Direction de la pêche de Mila, 2015

Dusquene S., 1992. Bioaccumulation métallique et métallothionéines chez trois espèces de poissons du littoral Nord-Pas De Calais. Thèse de Doctorat en Biologie et -Santé. Université des Sciences et Techniques de Lille.263 p

Edition 3, CABI publishing, Wallingford .UK, 283-342pp.

El morhit, 2005. Évaluation de la pollution métallique de la cote atlantique marocaine (port laâyoune, foug l'oued et laâsilia). Diplôme d'Études Supérieures Approfondies. Université Ibn Tofail. Faculté Sciences Kenitra, Maroc, P 1.

Environment Protection Agency (EPA); Health assessment document for inorganic arsenic; 1984, EPA600/8- 83- 021F. Research Triangle Park. NC, pp 266.

Environmental Protection Agency – Agence américaine pour la protection de l'environnement (E.P.A.) ; 1987 .Risk assessment forum. Special report on ingested inorganic arsenic Skin cancer; nutritional essentiality pp78.

Erdogrul Z., Ezirak S., 2004.Review of the studies on the red yeast rice (*Monascus purpureus*), Turkish Electronic journal of Biotechnology, pp 37-49.

Fallah A ., Saei-Dehkordi S., Nematollahi A ., Jafari T. , 2011 . Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique , Microchemical Journal, 98. PP275–279

Faurie C., ferra Ch., Medori P., Devaux J., 2003 .Ecologie – Approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, pp 407.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1983. Manual of methods in aquatic environment research, part 9, analysis of metals and organochlorine in fish. FAO-Technical paper (212), FAO Rome section 2. pp .14-20.

Gadras C., 2000.Influence des conditions physico-chimique sur la mobilité du Plomb et du Zinc dans le sol et un sédiment en domaine routier, Thèse de doctorat de l'université de Pau et des pays de L'Adour – France pp 22.

Gagneux-Moreaux S., 2006. Les métaux (Cd, Cu, Pb et Zn) dans la production des microalgues sur différents milieux de culture : Biodisponibilité- Bioaccumulation et impact physiologique. Thèse de Doctorat en biologie marine. Université de Nantes.257p

Girard P., 1998. Recherche des micropolluants dans les poissons : optimisation des protocoles. Bulletin des GTV, pp.107-109.

Gonzalez J.L., Chiffoleau J.F., Miramand. P et Thouvenin B, 1999.Le cadmium : comportement d'un contaminant métallique en estuaire, Programme scientifique Seine Aval, Editions Ifremer, Plouzané, France pp.31.

Güngördü A., Ozmen M., 2011. Assessment of seasonal and sex-related variability of biomarkers in carp (*Cyprinus carpio* L.) from Karakaya Dam Lake, Turkey environmental toxicology and pharmacology.,31, pp. 347–356

Hahne,H .C.H., Kroontje W., 1973. Significances of pH and chloride concentrations on behavior of heavy metal pollutants: mercury (I), cadmium(II), zinc(II) and lead(II). J.Environ. Qual. 2, pp 444-253.

Hamamoto E., 1955.Infant arsenic poisoning by powdered milk, Jap; *Med; J*, Vol 1649, pp 2-12.

Hébrard L., Meffray L., 2004. Comparaison de méthodes d'analyse des éléments traces métalliques (ETM) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sur les sols et les végétaux. 121p.

Heit M., Klusek C.S., 1985. Trace element concentration in the dorsal muscle of white and brown bullheads from two acidic Adirondacks lakes. *Wat. Air Soil Pollut.*, 25: pp.87-96.

Joris M.A., 2005. Etudes biochimiques et génétiques de la réponse adaptative de mollusques face aux contaminations métalliques et au stress oxydant. Thèse de doctorat, univ de Bordeaux I, P : 265p.

Jumarie C; Houde M; Campbell P; Denizean; F., 2001.Cadmium, Effects of Cd complexation by chloride glutathion and phytochelation. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 170, pp.29-38.

Kaiser J., 2001. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment (Enfield: Sciences publishers Inc.) pp 63-75.

Karadede H; unül E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and species from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey Chemosphere pp 41.

Karel P., 1991. Poissons d'eau douce. Librairie Gründ, Aventinum, Prague, Paris. 223p.

Kayalto B., 2009. Contribution à l'évaluation de la contamination par les métaux lourds des trois espèces de poissons, des sédiments et des eaux du lac Tchad. Science alimentaire et nutrition. Cameroun, 73P

Kidwell J.M., Phillips L.J., Birchard G.F., 1995. Comparative analysis of contaminant levels in bottom feeding and predatory fish using the national contaminant biomonitoring program data. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 54, pp.919-923.

Labat R., Roqueplo C., Ricard J.M., Lim P., Burgat M., 1977. Actions écotoxicologiques de certains métaux (Cu, Zn, Pb, Cd) chez les poissons dulçaquicoles de la rivière Lot. Anns. Limnol. 13 (2), pp.191-207.

Lacoue-Labarthe Th., 2007. Incorporation des métaux dans les œufs de la seiche commune *Sepia officinalis* et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires. Thèse de doctorat : Océanologie Biologique et Environnement Marin. 200 p.

Lemière B., Seguin J.J., Le Guern G., Guyonnet D., Branger Ph., 2000. Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes. Édition BRGM, pp287-324.

Magnus K ., Andersen A; Hogetveit A. C ., 1982. Cancer of respiratory organs among workers at a nickel refinery in Norway; Int. J. Cancer, pp 681- 685.

Mackay D. et Fraser A., 2000. Bioaccumulation of persistent organic chemicals: mechanisms and models. Environmental Pollution pp110.

- Mason C.F., 1987.** A survey of mercury, lead and cadmium in muscle of British fresh water fish. *Chemosphere* 16(4): 901-906.
- Mebarki A., 1982.** Le bassin du Kébir- Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau. Thèse doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Nancy II, pp54.
- Mebarki A., 2005.** Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, Aménagement et environnement, Thèse de doctorat d'Etat en hydrogéologie de l'environnement. Université de Mentouri Constantine. Algérie, 321p.
- Miquel G., 2001.** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 365p : 95, 94, 105, pp.130, 263.
- Miquel M., 2001.** Les effets des métaux lourds sur l'Environnement et la Santé. Rapport office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat N°261 : 360p
- Moore J; Ramaoortly W., 1984.** Heavy metals in waters .Springer-Verlag, Berlin. pp268..
- Morris J.S; Schmid M ; Newman S; Scheuer P.J; Sherlock S., 1974.** Arsenic and no cirrhotic portal hypertension; *Gastroenterology*; pp 86- 94.
- Muus Bent J., 2003.** Guide des poissons d'eau douce et de pêche. 5^{ème} édition, Paris, pp.114-138.
- Nakhlé F., Cossa D., Khalaf G., Beliaeff B., 2005.** *Brachidontes variabilis* and *Patella* sp. As quantitative biological indicators for cadmium, lead and Mercury in the Lebanese coastal waters. *Environment Pollution* vol 142, issue1: pp 73-82.
- Neff J .M., 2002.** Bioaccumulation in Marine Organisms: Effect of contaminants from oil well produced water. Elsevier Science Publisher, Amsterdam.pp 129-156 .

Niagu O; Pacyna J., 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333: 134-139

Noël L ;Chekri R; Millour S; M Merlo; Leblanc J .C ; Guérin T., 2013.Distribution and relationships of As, Cd, Pb and Hg in freshwater fish from five French fishing areas , *Chemosphere* ,pp 1900-1910.

Noppe K., 1996. Contamination métallique des sédiments des cours d'eau du bassin Artois-Picardie et son impacts sur la contamination des chairs et des foies de poissons. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 92 pp.3-10

OMS, 2007. Directive de la qualité de l'eau de boisson, Genève : 3^e édition. Vol 1 recommandation OMS.

Office National météorologie Constantine (ONM), 2015.

Prosi N., 1990. Factors controlling biological availability and toxic effects of lead in aquatic organisms. *Sci. Total Environ.* 79: pp157-169.

Radwan, S.S., Sorkhoh, N.A., Fardoun, F., Al-Hasan, R.H., 1995. Soil management enhancing hydrocarbon biodegradation in the polluted Kuwaiti desert. *Applied Microbiology and Biotechnology* 44, pp 265 270.

Ramade F., 1979. Écotoxicologie. (2ème édition). Masson, Paris.pp 455.

Ramade F., 1992. Précis d'écotoxicologie. Ed Masson. Paris pp300

Ramade F., 2000.Dictionnaire encyclopédique des pollutions- les polluants : de l'environnement à l'homme. Ediscience internationale, Paris, pp 690.

Ramade F., 2011, Introduction à l'écochimie, les substances chimiques de l'écosphère à l'homme .La voisier.tec et doc ; 828P.

Ramade, F., 2007. Introduction à l'écotoxicologie. ISBN : 978-2-7430-0944.618p.

Raven K.P., Leoppert R.H., 1997.Trace element composition of fertilizers and soil Amendments, *Enviro. Qua*, vol 26, pp.551-557.

Raven K.P., Leoppert R.H., 1997. Trace element composition of fertilizers and soil amendments, *enviro, Qua*, Vol 26, pp.551-557.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, Paris (France), Dunod, 1384 pages.

Roulier J.L., Percherancier H., 2003. Comportements des métaux lourds durant la remise en suspension des sédiments et après redispotion. *In* qualité et gestion des sédiments d'eau douce éléments physicochimiques et biologiques. Edition Gémagref, pp.151- 193.

Rousseaux A.R., Navaro A., Vermande, P., 1991. Distribution des sept principaux Références bibliographiques 180 métaux lourds dans les constituants des ordures ménagères, *Etudes et mémoires, Tribune de l'eau*, pp.17-25.

Saiki M.K., Castleberry D.T., May T.W., Martin B.A., Bullard F.N., 1995. Cooper, cadmium and zinc concentrations in aquatic food chains from the upper Sacramento River (California) and selected tributaries. *Env. Contam. Toxicol.*, 29, pp. 484-491.

Serghini A., 2003. Diagnose écologique du complexe des zones humides de Mohammedia: étude qualitative et quantitative des composantes physique (eau – sédiment) et biologique de l'écosystème. Thèse de Doctorat d'Etat Es Science. Univ. Moh. V Agdal, Rabat P 78.

Sobhi Y., 1997. Toxicologie des métaux lourds chez les organismes aquatiques ; aspect environnementaux et expérimentaux. Thèse de doctorat, université de Fès, Maroc. 300p.

Tamashiro H; Arakaki M; Futatsuka M; Lee M.S., 1986. Methylmercury exposure and mortality in southern Japan a close look at causes of death. *J. Epidemiol. Community Health*, pp 181- 185.

Ternel A., Shaub F, Fiex H., 2005. Contamination des sols transfert des sols vers les plantes, édition EDP. Science ADME pp84-110.

Tseng W.P., 1977. Effects and dose- reponse relationship of skin cancer and blackfoot disease with arsenic; *Environ. Health Perspect*, pp 109- 119.

Turkmen A., Turkmen M., Tepe Y., Akyurt I., 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry* 91: 167-172 pp

Underwood E.J., Suttle N. F., 1999.Copper in the mineral nutrition of livestock.pp 119-267.

Vallee B.D; Ulmer D.D; Wacker W.E.C., 1960. Arsenic toxicology and biochemistry; *Arch. Ind. Health*, , pp132- 151.

Weber P; Everton R. B ; Camilla L K; Secretti D; Vendruscolo E; Flores M.M ; Valderi L., 2013 .Dressler in the water : sediment, and tissues of two fish species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river *Microchemical Journal* ,pp61-66.

Yildirim N C., YildirimN., DanabaD., Danabas S., 2014.Use of acetylcholinesterase, glutathioneS-transferase and cytochrome P450 1A1 in *Capoetaumbla* as biomarkers for monitoring of pollution inUzuncayir Dam Lake (Tunceli, Turkey). *Environmental toxicology and pharmacology* ., 3 7, PP,1169–1176.

Younis E .M ;Al-Asgah N .A; Abdel-Wahab A; Abdel-Warith A ; 2015 .Seasonal variations in the body composition and bioaccumulation of heavy metals in Nile tilapia collected from drainage canals in Al-Ahsa, Saudi Arabia; *Saudi Journal of Biological Sciences* 22, PP 443–447.

Zhou Q., Zhang J., Fu J., Shi J., Jiang G ., 2008. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem, *analytica chimica acta*, 606 , PP.135–150.

Zhou R ;Hotta I; Denli A .M;Hong P; Perrimon N;Hannon G.J., 2008.Comparative analysis of argonaute.dependent small RNA pathways in *Drosophila*.*Mol.Cell*32(4):592-599.

Annexe

Annexe 1

Cu Poisson	SS	Degré. Of freedom	MS	F	p
Intercept	5,534624E+07	1	55346244	0,966556	0,332916
MOIS	1,561140E+08	2	78057016	1,363172	0,270305
ORG	5,505548E+07	1	55055475	0,961478	0,334170
MOIS*ORG	1,561073E+08	2	78053674	1,363114	0,270320
	1,832362E+09	32	57261304		

EFFET NON SIGNIFICATIF

Cr Poisson	SS	Degré. Of freedom	MS	F	p
Intercept	8937606	1	8937606	0,456769	0,503993
MOIS	25049450	2	12524725	0,640094	0,533860
SEXE	8818458	1	8818458	0,450680	0,506830
MOIS*SEXE	25047594	2	12523797	0,640047	0,533884
	626143963	32	19566999		

EFFET NON SIGNIFICATIF

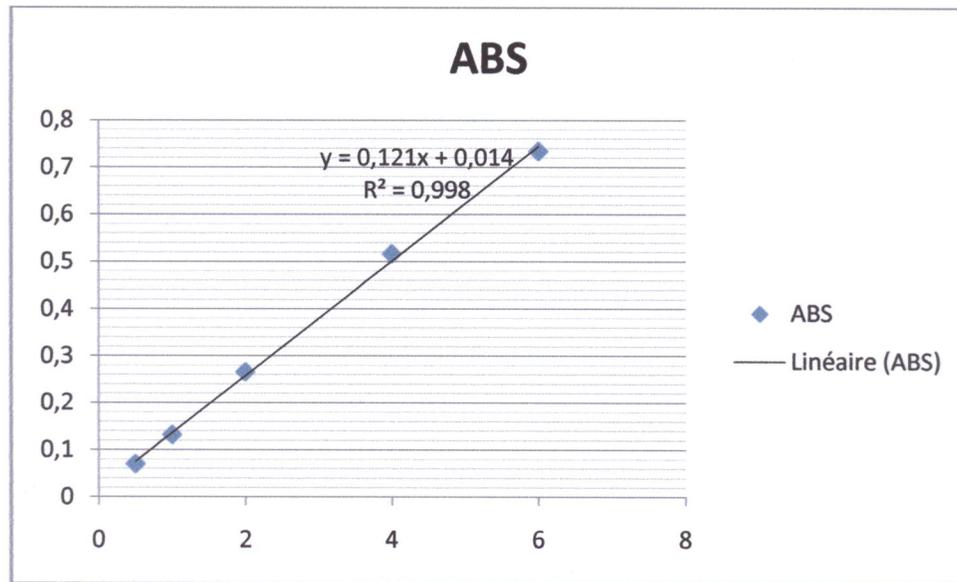
Pb Poisson	SS	Degré. of freedom	MS	F	p
Intercept	2047,420	1	2047,420	476,2682	0,000000
mois	67,373	2	33,686	7,8361	0,001699
sexe	0,023	1	0,023	0,0054	0,941673
mois*sexe	16,352	2	8,176	1,9019	0,165787
	137,564	32	4,299		

Différence temporelles hautement significative

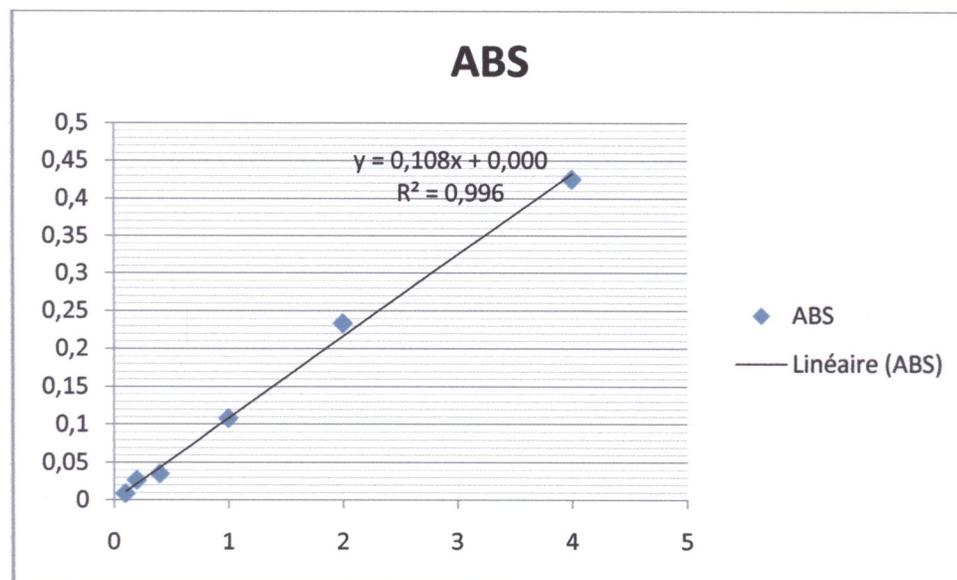
Cd Poisson	SS	Degré. Of freedom	MS	F	p
Intercept	10,70926	1	10,70926	762,3754	0,000000
Mois	0,00456	1	0,00456	0,3244	0,576043
Sexe	0,00122	1	0,00122	0,0872	0,771139
mois*sexe	0,00250	1	0,00250	0,1780	0,678118
	0,25285	18	0,01405		

EFFES NON SIGNIFICATIF

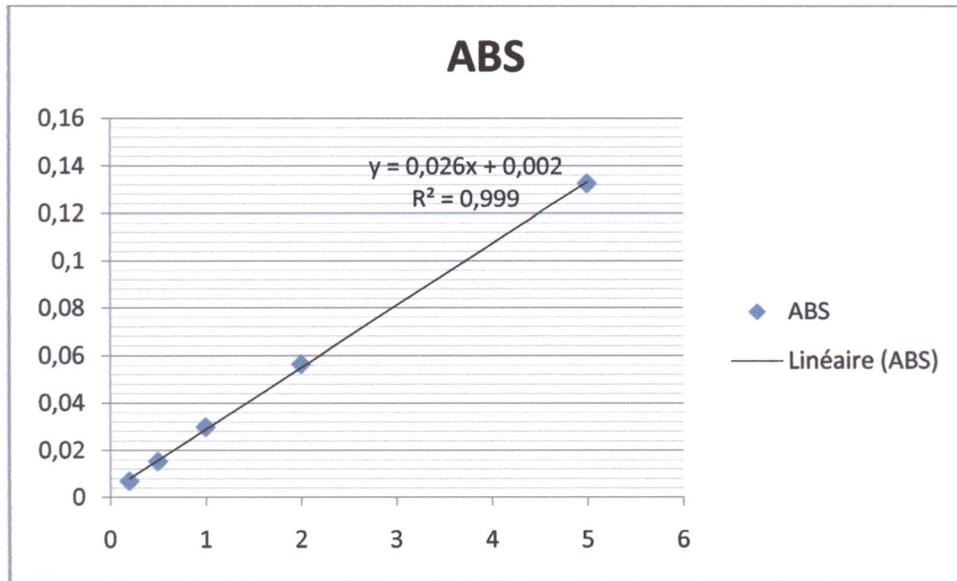
Annexe 2



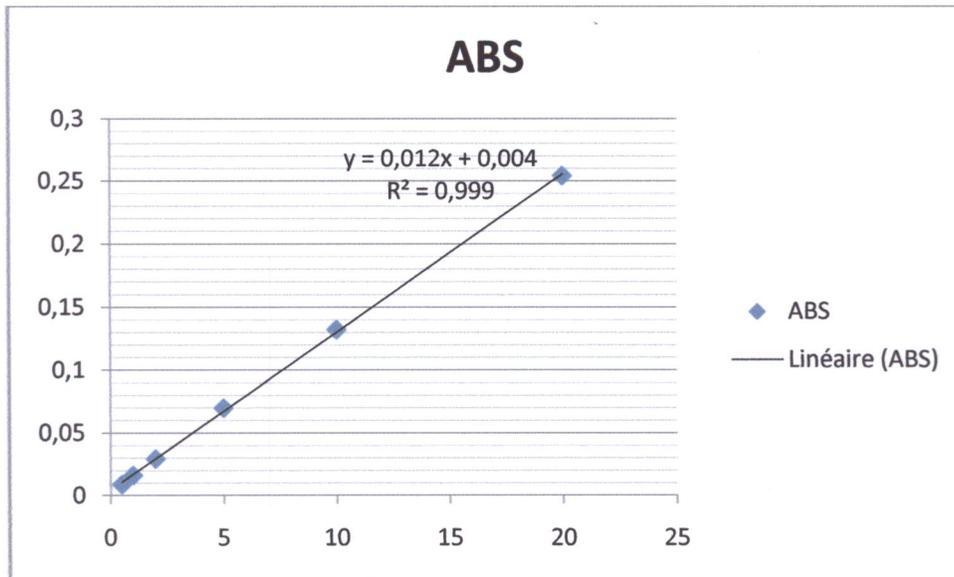
Courbe d'étalonnage de Cuivre



Courbe d'étalonnage de cadmium



Courbe d'étalonnage de Chrome



Courbe d'étalonnage de Plomb

Thème : Evaluation du risque de contamination par les métaux lourds de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac Barrage Béni Haroun.

Résumé

Le but de cette étude est d'évaluer le risque de contamination par les métaux lourds de l'espèce *Barbus barbuis* capturée dans le lac du barrage Béni Haroun. Cette évaluation est basée sur la mesure des teneurs totales des quatre éléments (Pb, Cd, Cu et Cr) dans la chair des poissons en utilisant le spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA). Les résultats obtenus montrent des valeurs du Pb, Cd et du Cr qui dépassent les normes OMS et CEE ; en ce qui concerne le cuivre, les valeurs obtenues restent inférieures à la norme.

Mots clés : métaux lourds, *Barbus barbuis*, Barrage Béni Haroun, contamination.

Abstract

The aim of this study is to assess the Heavy metals risk contamination in *Barbus barbuis* fish species captured from Beni Haroun dam lake. This assessment is based in measurement of total concentration of four heavy metals (Pb, Cd, Cr and Cu) in fish flesh by using of Absorption atomic spectrophotometer. The results showed Pb, Cd and Cr Concentration higher than OMS and CEE standards. The values of copper are lower than international limits.

Keywords: heavy metals, *Barbus barbuis*, Beni Haroun dam, contamination.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم خطر تلوث الشبوط المصطاد من سد بني هارون بالمعادن الثقيلة، اعتمدنا في هذه الدراسة على معايير الكمية الكلية لأربع معادن وهي الرصاص و الكاديوم والكروم والنحاس في لحم الشبوط، وذلك باستعمال جهاز طيف الامتصاص الذري. أثبتت النتائج أن قيم المعادن التالية: الرصاص الكاديوم والكروم: تعدت المعايير الدولية للمنظمة العالمية للصحة و المجموعة الاقتصادية الأوروبية أما فيما يخص النحاس فالقيم لم تتعدى المعايير الدولية.

الكلمات المفتاحية : المعادن الثقيلة، سمك الشبوط، سد بني هارون، التلوث.