

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie  
Spécialité/Option : Santé, Eau et Environnement/Hydro-écologie  
Département : Ecologie et génie de l'environnement

### Thème

**Bioaccumulation des éléments métalliques traces chez trois espèces de poissons (*Barbus barbus*, *Sander lucioperca* et *Abramis brama*) dans le barrage d'Hammam Debagh Nord-Est d'Algérie**

Présenté par :

- STITI Sarra
- TRAORE Mady

Devant la commission de soutenance composée de :

Présidente	ZERGUINE	K	Université de Guelma
Encadreur	GUETTAF	M	Université de Guelma
Examinatrice	IBENCHRIF	H	Université de Guelma
Membre	ROUBI	A	Université de Guelma
Membre	RAMDANI	K	Université de Guelma
Membre	DERBEL	N	Université de Guelma

Juin 2017

## ***Remerciements***

Nous remercions tout d'abord ***le seigneur***, qui nous a donné le savoir, la connaissance, la force et la volonté de réaliser ce modeste travail au département de l'écologie et génie de l'environnement de l'université 08 mai 1945 Guelma.

Nous sommes très heureux de pouvoir exprimer nos respectueuses reconnaissances, admirations et respects à notre encadreur le professeur ***Guettaf Mohamed*** pour l'aide compétente qu'il nous a apportée, pour sa patience, sa confiance, son encouragement, et Son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire, nous le remercions vivement.

Nos vifs remerciements vont au professeur ***Chelaghemia Mohamed Alyamine*** pour le travail de laboratoire de chimie.

Nos remerciements au professeur ***Boussaib*** pour son aide qui nous a été utile dans l'analyse statistique de nos résultats.

Nous remercions également chaleureusement Monsieur ***Berima Rabah*** et madame ***Abdaoui Nassima*** et ***le pêcheur*** pour nous avoir permis d'avoir les poissons.

Nous remercions nos familles pour l'amour qu'elles nous portent et pour la patience dont elles ont fait preuve surtout que nous travaillons souvent tard le soir.

C'est avec plaisir que nous remercions également ***mes amis et camarades*** de promotion pour leur aide et leur affection dans la réalisation de notre travail.

## ***DEDICACES***

A mes parents,

Auxquels je dois exprimer mes gratitudes, et j'espère qu'ils trouvent dans ce travail, un humble témoignage de mon amour et les fruits de leurs sacrifices.

A mes sœurs,

**Fatima, Zakia, Djazaira, Hajira, Mounira, Rabia**

Je n'arriverai jamais à trouver le mot juste pour leur exprimer tout mon attachement.

A **mon mari** et mon petit ange **Jad ismail**,

Enfin,

Je présente mes profonds remerciements à mon collègue **Mady Traoré** ; à toute la famille **STITI** et à tous mes amis pour leurs encouragements.

## ***DEDICACES***

A mes parents,

**Moussa** et **Saran KONATE** auxquels je dois exprimer mes gratitude, et j'espère qu'ils trouvent dans ce travail, un humble témoignage de mon amour et les fruits de leurs sacrifices.

A mes frères et ma sœur,

**Broulaye, Oumar** et **Aminata** je n'arriverai jamais à trouver le mot juste pour leur exprimer tout mon attachement. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma grande affection et de mon sincère remerciement.

Enfin,

Je présente mes profonds remerciements à mes oncles **N'Famba, Kaba** et **Benkaly** et toutes les familles **KONATE** et **DIAKITE** et ainsi qu'à tous mes amis pour leurs encouragements.

Je dédie également ce modeste travail à la mémoire de tous nos disparus (es), et plus particulièrement à celles de mes grands-parents **Abdoulaye KONATE** et

**Dèba TOUNKARA** que la terre leur soit légère.

# Sommaire

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**Introduction générale** ..... 1

## **Partie I : Synthèse bibliographique**

### **Chapitre I : Généralités sur les métaux traces et processus de bioaccumulation**

I. Généralités sur les métaux traces .....	3
1. Définition et sources .....	3
1.1. Définitions .....	3
1.2. Sources .....	4
1.2.1. Sources naturelles .....	4
1.2.2. Sources anthropiques .....	4
2. Propriétés et toxicité des métaux lourds .....	5
II. Processus physiologique de la bioaccumulation de ces métaux lourds au niveau des écosystèmes aquatiques continentaux .....	9
1. Quelques définitions .....	9
1.1. Bioaccumulation .....	9
1.2. Bioconcentration .....	10
1.3. Bioamplification .....	10
2. Mécanisme de bioaccumulation des métaux traces chez les organismes aquatiques.....	11
2.1. Le bio-indicateur de la pollution .....	12
2.2. Facteurs agissant sur la bioaccumulation .....	13
2.2.1. Facteurs biotiques .....	13
2.2.2. Facteurs biologiques de l'organisme .....	14
2.2.3. Durée de contamination .....	14
2.3. Propriétés chimiques du contaminant .....	14
2.3.1. Nature de polluant .....	14
2.3.2. Forme physico-chimique du polluant .....	14
3. Mécanisme de défense de l'organisme .....	15
4. Stockage des métaux traces : Organotropisme et metallothionéines .....	16

## **Chapitre II : Sites d'échantillonnage (Hamмам Debagh) et les espèces de poissons**

I.	Le barrage d'Hamмам Debagh (Sites d'échantillonnage) .....	17
1.	La situation géographique .....	17
2.	Le bassin versant .....	17
3.	Le cadre géologique et lithologique du barrage .....	19
4.	Le réseau hydrographique .....	19
5.	Hydroclimatologie .....	19
6.	Les activités anthropiques autour du barrage .....	20
7.	Paramètres physico-chimiques de certains éléments du barrage .....	21
II.	Les espèces (le sandre commun, le barbeau et la brème commune) .....	22
1.	Le sandre commun .....	22
1.1.	Position systématique .....	22
1.2.	Morphologie .....	22
1.3.	Répartition géographique .....	23
1.4.	Ecobiologie .....	23
1.5.	Régime alimentaire .....	24
2.	Le barbeau .....	24
2.1.	Position systématique .....	24
2.2.	Ecobiologie .....	25
2.3.	Régime alimentaire .....	26
3.	La brème commune .....	26
3.1.	Position systématique .....	26
3.2.	Morphologie .....	27
3.3.	Ecobiologie .....	28
3.4.	Régime alimentaire .....	28

## **Partie II : Etude expérimentale**

### **Chapitre III : Matériel et méthodes**

Méthodologie et matériels utilisés .....	29
1. Prélèvement et traitement des échantillons .....	29
2. Minéralisation .....	31

3. Dosages des métaux traces .....	33
3.1. Principe du dosage .....	34
3.2. Appareillage .....	34
4. Préparation des courbes d'étalonnage .....	37

#### **Chapitre IV : Résultats et discussions des dosages**

I. Résultats des dosages .....	39
1. Dosage du fer .....	39
1.1. Pour le barbeau .....	39
1.2. Pour le sandre .....	40
1.3. Pour la brème .....	40
2. Dosage du cuivre .....	41
2.1. Pour le barbeau .....	41
2.2. Pour le sandre .....	42
2.3. Pour la brème.....	43
3. Dosage du cadmium .....	44
3.1. Pour le barbeau .....	44
3.2. Pour le sandre .....	45
3.3. Pour la brème .....	46
4. Dosage du zinc .....	46
4.1. Pour le barbeau .....	46
4.2. Pour le sandre .....	47
4.3. Pour la brème .....	48
5. Dosage du chrome .....	49
5.1. Pour le sandre .....	49
5.2. Pour la brème .....	49
5.3. Pour le barbeau .....	50
II. Analyse descriptive des résultats .....	50
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>54</b>

#### **Références bibliographiques**

#### **Annexes**

## Liste des figures

**Figure 01** : La bioaccumulation des métaux traces à travers de la chaîne trophique.

**Figure 02** : Le phénomène de prédateur-proie de la chaîne trophique

**Figure 03** : le passage des métaux traces à travers les différents maillons la chaîne trophique.

**Figure 04** : situation géographique du bassin versant d'oued Bouhamdene.

**Figure 05** : Les éléments de base de l'appareil

**Figure 06** : La lampe à cathode creuse.

**Figure 07** : spectrométrie d'absorption atomique AAnalyst 400 (Perkin Elmer).

**Figure 08** : La variation des concentrations du fer dans les organes du barbeau (mg/kg) en ppm

**Figure 09** : La variation des concentrations du cuivre dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

**Figure 10** : La variation des concentrations du fer dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

**Figure 11** : La variation des concentrations du cuivre dans les organes du barbeau (mg/kg) en ppm

**Figure 12** : La variation des concentrations du cuivre dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

**Figure 13** : La variation des concentrations du cuivre dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

**Figure 14** : La variation des concentrations du cadmium dans les organes du barbeau (mg/kg) en ppm

**Figure 15** : La variation des concentrations du cadmium dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

**Figure 16** : La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm



**Figure 17 :** La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

**Figure 18 :** La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

**Figure19 :** La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

**Figure20 :** La variation des concentrations du chrome dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

**Figure 21 :** La variation des concentrations du chrome dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

## **Liste des photos**

**Photo 01** : Le Sandre commun sandre lucioperca

**Photo 02** : Le Barbeau barbus barbus

**Photo 03** : Le brème commun abramis brama

**Photo 04** : Poids et mesure de nos poissons

**Photo 05** : La dissection de poissons

**Photo 06** : L'étuve

**Photo 07** : La matière séchée dans les flacons

**Photo 08** : Balance de précision

**Photo 09** : Les échantillons sous la hotte

**Photo 10** : Les échantillons dans le bain de sable

**Photo 11** : Les échantillons contenant les acides

**Photo 12** : Les extraits des échantillons

## **Liste des tableaux**

**Tableau 01** : Les principales sources anthropiques des métaux traces étudiés.

**Tableau 02** : Spéciation (forme physico-chimique) des métaux traces.

**Tableau 03** : Caractéristiques des données climatiques du barrage de hammam Debagh (1995-2005).

**Tableau 04** : Paramètres physico-chimique de l'eau de barrage de hammam Debagh.

**Tableau 05** : Statistiques descriptives des données quantitatives des différents métaux.

## Liste des abréviations

**Fe** : Fer

**Cu** : cuivre

**Zn**: Zinc

**Hg**: Mercure

**Pb**: Plomb

**Cd** : Cadmium

**Sb** : Antimoine

**As** : Arsenic

**FBC** : Facteur de bioconcentration.

**T** : Température

**pH** : Potentiel hydrogène

**MES** : Matière en subsantion

**Mn** : Manganèse

**K Da** : kil dalton

**Dd** : Densité

**ANRH** : L'agence Nationale des ressources hydriques

**C°** : Degré Celsius

**H** : Heure

**HNO<sub>3</sub>** : Acide nitrique

**HCL** : Acide chlorhydrique

**CEAEQ** : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec

**HCIO<sub>4</sub>** : Acide perchlorique

**SAA** : Spectrométrie d'absorption atomique

**Ppm** : partie par million

**MS** : Matière sèche

**CE** : Conductivité électrique

**FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

**mg/kg** : Milligramme par kilogramme

**µg/g** : microgramme par gramme

# **Introduction générale**

## INTRODUCTION GENERALE

La pollution des eaux douces par les métaux lourds est un problème d'actualité, qui préoccupe toutes les communautés soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à un certain degré de qualité. La pollution de ces eaux continentales par des substances chimiques diverses peut avoir des conséquences graves sur l'équilibre écologique. Les métaux lourds sont peu métabolisés (à l'inverse des polluants organiques), ils peuvent donc être transférés dans le réseau trophique et s'accumuler dans la matière vivante (Dusquene, 1992).

A travers des études récentes, on constate une dégradation de plus en plus importante de la qualité de nos écosystèmes aquatiques, ce qui semble être engendré par une pollution massive et anarchique, tant par les matières organiques naturelles que par les produits industriels de synthèse, cette pollution semble affecter tous les compartiments de l'écosystème.

Les sédiments du milieu aquatique sont connus par leur pouvoir d'accumulation de métaux lourds introduits dans les eaux continentales via des affluents directs industriels et urbains, des apports fluviaux et atmosphériques et lessivage des sols. Ils joueraient donc le rôle d'un véritable vecteur de ces métaux aux organismes aquatiques (Pempkowiak et al., 1999).

Chez ces derniers, l'accumulation biologique des métaux lourds peut se faire à partir de trois sources: l'eau, la nourriture et le sédiment. Nous exposerons successivement les raisons et l'ampleur de leur présence (métaux lourds) dans l'environnement, ainsi que les impacts observés ou supposés chez l'homme.

La contamination de la chaîne alimentaire par les métaux lourds est la bioaccumulation. Les métaux lourds sont présents dans notre environnement (eau, air, sols) et peuvent, par des cycles parfois complexes, se retrouver dans une étape végétale de notre chaîne alimentaire et entraîner une contamination de l'homme par voie orale.

Toutefois, un simple passage passif dans notre chaîne alimentaire aurait un impact limité, sans l'existence d'un phénomène très particulier pour les métaux lourds qui est la **bioaccumulation**. C'est donc ce phénomène de bioaccumulation que nous allons décrire brièvement dans ce travail. La bioaccumulation est un phénomène, existant pour les métaux lourds mais également mis en évidence pour d'autres composés chimiques, qui a pour conséquence une concentration

en polluant dans un organisme vivant supérieure à la concentration de ce polluant dans le biotope de l'organisme.

Au-delà de cette définition, qui sert à comprendre l'utilité des bio-indicateurs (organismes vivants dont la contamination est révélatrice de la pollution du biotope), dans le cas des métaux lourds, c'est la bioaccumulation qui se transmet tout au long de la chaîne alimentaire qui explique le fait que l'homme puisse être exposé à des quantités dangereuses de métaux lourds par son alimentation. Cette bioaccumulation se produit au niveau des organismes des êtres vivants qui peuvent être végétaux ou animaux.

A l'inverse, il existe très peu d'espèces capables de détoxifier ou d'éliminer efficacement ces métaux lourds de la chaîne alimentaire. Par conséquent, lorsqu'un bioaccumulateur de métaux lourds apparaît dans la chaîne alimentaire, ses effets sur la teneur finale des aliments se poursuivent jusqu'à l'homme (lorsqu'il n'y a pas intervention de plusieurs bioaccumulateurs, ce qui est souvent le cas).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui consiste à déterminer la concentration des éléments métalliques bioaccumulés dans les cinq organes de nos trois espèces de poissons {le barbeau : *Barbus barbus* ; le sandre : *Sander lucioperca* et la brème : *Abramis brama*} dans les eaux du barrage d'Hamam Debagh, en utilisant ces trois espèces comme des bio-indicatrices.

Ce travail s'articule sur deux volets : un volet qui se rapporte sur la recherche bibliographique et l'autre concerne la partie expérimentale.

# **Partie I : Synthèse bibliographique**



# **Chapitre I : Généralités sur les métaux traces et processus de bioaccumulation**

## Partie I : Synthèse bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur les métaux traces et processus de bioaccumulation

#### I. Généralités sur les métaux traces

Les métaux, qui sont des constituants normaux de l'environnement à l'état de traces {masse volumique élevée, supérieure à 5 g/cm<sup>3</sup>} (Bryan, 1984), et ils sont tous toxiques au-dessus d'un certain seuil (Kucuksezgin, 2006). Les éléments métalliques traces dits essentiels (rôle important dans les processus biologiques ex: Cuivre, Fer et Zinc) peuvent produire des effets toxiques comme ceux dits non essentiels (aucun rôle dans les processus biologiques ex: plomb, cadmium et mercure) lorsque leur concentration dépasse un certain seuil d'acceptabilité (Chiffolleau et al., 2003), (Miquel I, 2001), (Turkmen et al., 2005), (Lafabrie et al., 2007).

##### 1. Définition et sources

###### 1.1. Définitions

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser.

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

- Tout métal ayant une densité supérieure à 5.
- Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieure à celui du sodium (Z=11).
- Tout métal peut être toxique pour le système biologique.

Un métal est un élément chimique, issu, le plus souvent d'un minerai doté d'un éclat particulier. Il est un bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité. Il se combine aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'antiquité.

Certains métaux sont indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments). Toutefois, ces métaux peuvent s'avérer contaminants, pour diverses formes de vie, lorsque leurs concentrations dépassent un certain seuil, lui-même en fonction de l'état physico-chimique (spéciation) de l'élément considéré (O'Neill et al., 1994 ; Chiffolleau et al., 2001).

D'autres métaux se trouvent sous forme de traces dans tous les compartiments de l'environnement naturellement (sources naturelles) ou en raison de certaines activités anthropiques favorisant leur dispersion (Aissa, 1991) ; (Beyrem et al., 2007).

## 1.2. Sources

### 1.2.1. Sources naturelles

Les réserves les plus importantes en métaux lourds se trouvent dans les roches et/ou les sédiments océaniques, ils sont introduits dans la biosphère via, les volcans, l'activité des sources thermales, l'érosion et l'infiltration. (Miquel, 2001).

Les métaux sont fixés dans les roches sous deux formes (Point, 2000) :

- les oxydes et les silicates, peu altérables en climat tempéré. Les oxydes sont libérés de la roche par érosion et transportés dans les sols et les sédiments.
- les sulfures et les carbonates, très altérables. Les métaux changent de support, une partie soluble sera évacuée avec l'eau, vers les sols, les sédiments ou la nappe phréatique. Une autre partie sera piégée dans les argiles et les alluvions.

### 1.2.2. Sources anthropiques

Les principales activités polluantes sont groupées dans le tableau 01

**Tableau 01** : Les principales sources anthropiques des métaux traces étudiés

Eléments	Secteurs d'activités	auteurs
Fer	Dans l'extraction des minerais dans le sous-sol, lessivage des terrains et la dissolution des roches	(Lefèvre, T. 2013)
Cuivre	Métallurgie, papeterie, engrais, raffinage, tannerie, photographie, peinture, antialissure et céramique.	(Gorell et al., 1999)
Cadmium	Production de soufre, photographie, plastiques, fongicides, insecticides, peintures, antialissure, engrais, céramiques, verreries, cimenteries et raffinage de pétrole.	(Forstner 1987)
Zinc	Papeterie, peintures, plastiques et lubrifiants.	(Gorell et al., 1999)
Chrome	Automobile, sidérurgie, mécanique, agroalimentaire, aéronautique,	(Ganier, J 2017)

## 2. Propriétés et toxicité des métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu) et du Zinc (Zn).

Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères.

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Antimoine (Sb).

Dans la présente étude cinq métaux ont été étudiés en particulier : le Cadmium, le Cuivre, le Fer, le Chrome et le Zinc.

### ➤ Cadmium (Cd)

Le Cadmium a une grande résistance à la corrosion ; son point de fusion est bas ; il a une bonne conductivité de l'électricité ; ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures ; il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du Calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes.

Les activités industrielles telles que le raffinage des métaux non ferreux, la combustion du charbon et des produits pétroliers, les incinérateurs d'ordures ménagères et la métallurgie de l'acier constituent les principales sources de rejet du Cadmium dans l'atmosphère. Dans l'eau, le Cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés) ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels et des mines.

Le Cadmium fait également partie des métaux lourds les plus dangereux. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées.

### ➤ **Cuivre (Cu)**

Le Cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et particulièrement de sa conductibilité électrique et thermique. Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, dynamos, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie. Le cuivre est présent dans l'environnement, sa concentration dans l'écorce terrestre est estimée à environ 70 ppm (30 à 100 ppm).

Le transport par le vent, des poussières, de sol, les éruptions volcaniques, les décompositions végétales, les feux de forêts et les aérosols constituent les principales sources naturelles d'exposition. Dans les eaux, le cuivre provient pour la majeure partie de l'érosion des sols par les cours d'eau : 68 % ; de la contamination par le sulfate de cuivre : 13 % ; et des rejets d'eaux usées qui contiennent encore du cuivre, même après traitement.

Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal (oligo-élément), impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine et la maturation des polynucléaires neutrophiles. De plus, il est un cofacteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure. Cependant le cuivre en excès produit des radicaux libres responsables de lésions cellulaires au niveau de l'ADN et d'organites tels que les mitochondries ou les lysosomes.

### ➤ **Fer (Fe)**

Le fer est un métal essentiel, entre dans la composition de nombreux alliages dont les aciers inoxydables. Il est utilisé dans les machines et ustensiles divers utilisés quotidiennement ainsi que dans les infrastructures du monde moderne. Le fer est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre par ordre d'abondance, sa présence dans l'eau peut avoir diverses origines : lessivage des terrains avec dissolution des roches et des minerais contenus dans le sous-sol ; rejets industriels (pollutions minières, métallurgiques, sidérurgiques) ; corrosion des canalisations métalliques (en fonte ou en acier) ou existence de dépôts antérieurs.

La régulation du fer dans le sang est contrôlée par deux protéines d'absorption et d'exportation. La carence ou l'excès en fer peut être potentiellement toxique pour les cellules, c'est pourquoi son transport est rigoureusement contrôlé. Un faible niveau de fer chez l'homme cause l'anémie, l'un des problèmes de santé publique les plus répandus qui peut être

imputable à des causes d'ordre nutritionnel, notamment la carence en fer, à des troubles inflammatoires ou infectieux et à des pertes de sang.

Le mécanisme toxique principal du Fer réside dans sa capacité à induire la formation de radicaux libres, avec, pour conséquence, une peroxydation lipidique. Classiquement, l'intoxication au fer est décrite comme évoluant en cinq phases : troubles digestifs, amélioration clinique transitoire, toxicité systémique avec choc, acidose métabolique, coma, toxicité hépatique avec coagulopathie, séquelles digestives à type de sténose. Le traitement comporte, hormis le traitement symptomatique, la décontamination digestive avec irrigation intestinale et traitement chélateur par déféroxamine.

L'exposition chronique au Fer est principalement d'origine professionnelle et se traduit par une pneumoconiose de surcharge consécutive à l'inhalation de poussières et d'oxydes de fer.

La sidérose oculaire est une pathologie chronique grave pouvant aboutir à la perte de la vision de l'œil touché. Elle survient lorsqu'un corps étranger contenant du fer se retrouve dans l'œil ou à son contact.

### ➤ **Zinc (Zn)**

Le cuivre et le zinc sont des métaux essentiels indispensables à la vie. Ils sont nécessaires en quantité généralement faible, à la vie d'un grand nombre d'organismes. L'accumulation du cuivre et du zinc est donc régulée pour de nombreuses espèces aquatiques, par exemple chez les mollusques, les crustacés, les poissons et les mammifères (Chong et Wang, 2001). Les entrées de cuivre et de zinc se font préférentiellement sous forme ionique ( $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$ ) par des protéines de transport membranaire (Sunda et Huntsman, 1998). Les bivalves accumulent ces deux métaux principalement dans l'hépatopancréas, les gonades et les branchies (Adami et al., 2002).

Le zinc peut s'accumuler dans les organismes aquatiques mais les valeurs de FBC décroissent en montant dans la chaîne trophique. Cela peut s'expliquer par une régulation plus importante dans les organismes « supérieurs ». En conséquence, il semble que le potentiel de bio-magnification soit faible.

Les caractéristiques physico-chimiques du milieu agissent sur le degré de dissolution entre les formes métalliques et ioniques. Le cuivre complexe est moins toxique que le

cuivre à l'état ionique. La valeur guide pour l'eau de boisson est de 1,0 mg/l, principalement pour prévenir des utilisations domestiques projetées de l'eau plutôt qu'en rapport avec des risques sanitaires (OMS, 1984).

### ➤ **Chrome (Cr)**

Le chrome se présente sous la forme d'un métal gris acier et dur. Sa principale particularité est de résister au ternissement et à la corrosion. Les états d'oxydation de +2 à +6 sont les plus rencontrés. Le chrome hexavalent est particulièrement oxydant tandis que le chrome divalent est un réducteur. On l'utilise le plus fréquemment dans la métallurgie, pour donner un rendu brillant en plus d'améliorer la résistance à la corrosion. [Futura sciences, 2017]

Le Chrome est un métal toxique pour l'Homme, notamment le chrome tétravalent. Sa toxicité est fortement dépendante de sa forme : nanoparticule, oxyde, valence, etc. Il est bioaccumulé dans certains organismes, comme des végétaux alimentaires. Néanmoins le chrome trivalent est essentiel, dont la carence peut avoir des conséquences cardiaques ou encore sur le diabète. L'excès de chrome pentavalent inhalé provoque des saignements de nez ou encore des irritations nasales. Son mode d'action n'est pas totalement élucidé, mais on sait que le chrome agit comme cofacteur de l'insuline, facilitant ainsi l'assimilation du glucose par les cellules. [Futura Sciences 2017]

- La valeur de référence dans la population générale : Cr sérique inférieure à 0.5 microgramme par litre.
- L'absorption dépend de sa solubilité et de sa valence : les dérivés trivalents sont, en général, plus faiblement absorbés hexavalents.
- Les dérivés solubles du chrome tétravalent pénètrent dans l'organisme par toutes les voies, respiratoires en milieu préprofessionnel digestives (défaut d'hygiène) et percutanées.
- Le chrome se distribue dans le foie, les reins, la rate et le poumon.

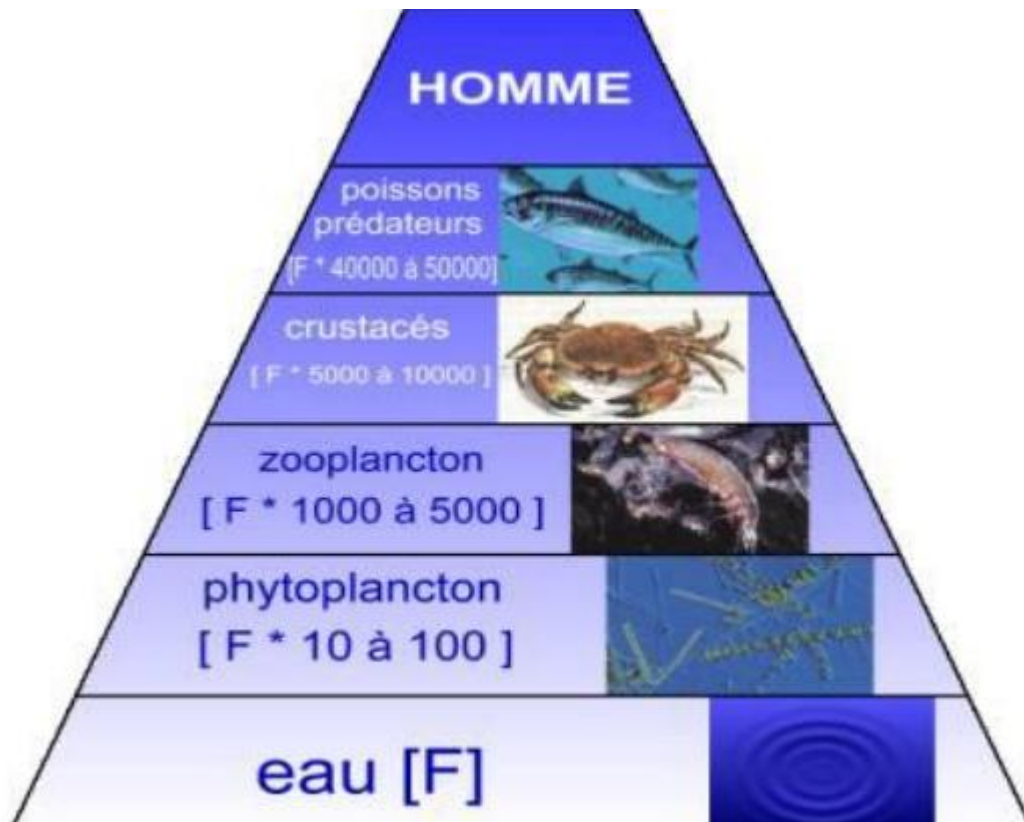
## II. Processus physiologique de la bioaccumulation de ces métaux lourds au niveau des écosystèmes aquatiques continentaux

Les organismes aquatiques continentaux sont capables de concentrer plusieurs centaines de métaux, pris dans la phase soluble ou particulaire ainsi que dans le sédiment. Il apparaît essentiel de rechercher l'origine et le devenir de ces métaux lourds si l'on veut comprendre l'impact qu'ils peuvent avoir sur les organismes vivants.

### 1. Quelques définitions

#### 1.1. Bioaccumulation

C'est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'un élément par voie directe et alimentaire par les espèces animales aquatiques ou terrestres (Ramade, 1997). Voir fig. 01



**Figure 01** : La bioaccumulation des métaux traces à travers de la chaîne trophique

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps : l'assimilation, la bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration, et la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification.



La bioaccumulation entre individus (la bioamplification): Les transferts de métaux entre individus suivent un processus classique, dit « transfert trophique ». Le polluant, présent dans les algues et les microorganismes est ingéré par un herbivore, lui-même proie pour un carnivore, lui-même proie d'un super carnivore, animal ou homme [Bourrinet et al, 2008]. En bout de chaîne, on se trouve donc avec un consommateur.

### **1.2. Bioconcentration**

C'est un cas particulier de bioaccumulation. Elle est définie comme étant le processus par lequel une substance (ou un élément) se trouve 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 bioconcentration (FBC) peut être 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, 1997)

### **1.3. Bioamplification**

C'est le processus par lequel le prédateur concentre une substance (ou un élément) à un niveau supérieur à celui de sa proie (Terhaar et al., 1977). Ainsi, le concept de bioaccumulation résulte de la balance nette des processus de capture, de stockage et d'excrétion d'une substance dans un organisme, due à une exposition dans l'eau, la nourriture, le sédiment et l'air (Neff, 2002). Voir fig. 02

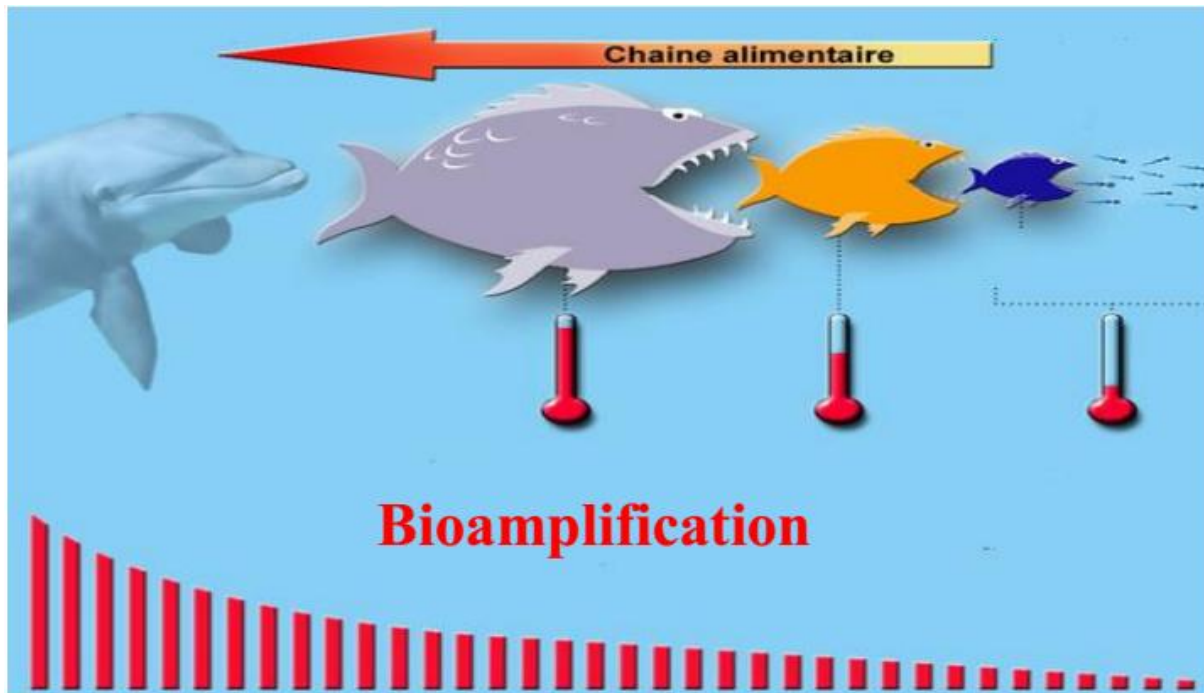


Figure 02 : Le phénomène de prédateur-proie de la chaîne trophique

## 2. Mécanismes de bioaccumulation des métaux traces chez les organismes aquatiques

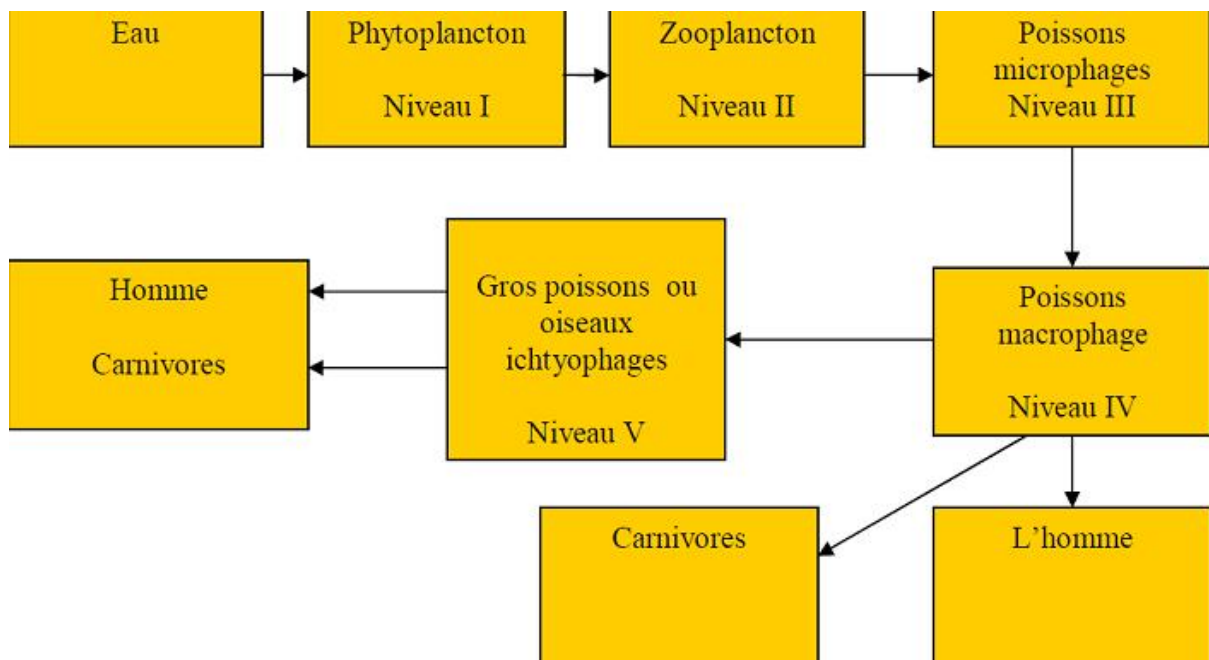
Pendant tout processus physiologique d'échange avec le milieu environnant, les molécules exogènes pénètrent à travers les barrières biologiques séparant l'environnement interne de l'organisme du milieu externe. Quand la contamination se fait, ces barrières (cutanées et respiratoires pour la contamination 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, à partir de l'eau (voie directe) et à partir de la nourriture (voie trophique). La pénétration des métaux traces nécessite donc le franchissement de structures biologiques spécifiques comme le revêtement extérieur et surtout l'épithélium branchial pour les contaminants présents dans l'eau, et l'ensemble du tractus digestif pour les métaux associés aux particules ou contenus dans les proies ingérées. Toutes ces voies sont possibles pour un même métal et leur importance relative est fonction de la forme chimique sous laquelle le métal est dans le milieu. C'est la coexistence de ces mécanismes et la dynamique de la spéciation qui rend si complexe la notion de biodisponibilité. Les caractéristiques de l'interface Environnement - Organisme ont une influence importante sur la forme métallique accumulée. Cette interface est une membrane

lipidique, non polaire, imprégnée de molécules qui vont intervenir dans le transport de substances polaires essentielles à travers la membrane.

### 2.1. Le bio-indicateur de la pollution

Par définition le bio indicateur est une espèce vivante qui, par sa présence, son absence ou sa rareté, permet d'évaluer la qualité de l'environnement. C'est le principe des « bio indicateurs quantitatifs » basé sur le fait que les organismes aquatiques concentrent les contaminants, en particulier les métaux lourds, en relation avec les concentrations présentes dans le milieu.

Les poissons, céphalopodes (mollusques) et les crustacées sont de très bons indicateurs de pollution pour les eaux continentales, ils sont connus pour leur faculté à accumuler les polluants. Les glandes digestives ou hépatopancréas (l'homme ne la consomme généralement pas) sont un site majeur de stockage pour ces éléments. Les céphalopodes sont une source importante de cadmium pour les mammifères et les oiseaux qui les consomment. Les taux mesurés dans ces organes sont supérieurs à ceux mesurés dans la chair.



**Figure 03 :** le passage des métaux traces à travers les différents maillons la chaîne trophique

A l'échelle des organismes aquatiques, les mécanismes de bioaccumulation des métaux traces résultent des actions et des interactions entre trois facteurs (Casas et al., 2008 ; Boudou et al., 2005) :

- **Les facteurs abiotiques :** Les paramètres physico-chimiques des biotopes (colonne d'eau, sédiments) ;
- **Les facteurs de contamination :** Les modalités d'exposition et capacités de transfert des métaux à partir du milieu environnant (voie directe) et à partir des proies ingérées (voie alimentaire) ;
- **Les facteurs biotiques :** Les propriétés structurales et fonctionnelles des êtres vivants depuis la base cellulaire jusqu'aux niveaux supérieurs (chaînes et réseaux trophiques) (Simon et Boudou, 2002).

D'un point de vue éco toxicologique, la bioaccumulation résulte du bilan entre les entrées des métaux et les différentes voies d'élimination ou de décontamination. Les entrées des métaux traces se font via les processus d'adsorption et d'absorption à travers des barrières biologiques à l'interface « organisme/milieu » (membrane plasmique à l'échelle cellulaire ; revêtement cutané, lamelles branchiales, paroi du tractus digestif pour les organismes supérieurs) et les mécanismes de séquestration dans les compartiments tissulaires et cellulaires. La spéciation chimique, résultant de l'ensemble des réactions de complexations avec les ligands inorganiques et organiques présents au sein des phases dissoutes et particulières des biotopes (MES, colloïdes, anions en solution) et également dans les matrices biologiques ingérées, conditionne l'accessibilité des métaux aux barrières biologiques et leur transport vers les compartiments internes (Simon et Boudou, 2002). Selon les pressions de contamination exercées et les modèles biologiques étudiés, les cinétiques de bioaccumulation peuvent différer notablement ainsi que les réponses adaptatives mises en jeu, comme par exemple la biosynthèse des métallothionéines et leur rôle protecteur à l'égard des effets toxiques des métaux (Chang, 1995).

## **2.2. Facteurs agissant sur la bioaccumulation**

### **2.2.1. Facteurs biotiques**

#### **Groupe zoologique et espèces**

L'assimilation des métaux traces varie en fonction des groupes zoologiques et en fonction des espèces (Topcuoglu et al., 2002 ; Canli et Atli, 2003 ; Mendil et Uluozlu, 2007).

### **2.2.2. Facteurs biologiques de l'organisme**

Les facteurs biologiques sont :

- Les propriétés structurales et les fonctions des barrières biologiques: surfaces d'échange, sites de fixation, processus transport ;
- les voies de contaminations : directe / indirecte (Boudou et al., 2005; Casas et al., 2008) ;
- le régime alimentaire, ingestion, assimilation, excrétion (Wu et al., 2007 ; karadede et Unlu, 2000 ; karadede et al., 2004 ; Fernandes et al., 2007) ;
- le cycle biologique : croissance, reproduction, réserves et ponte.

### **2.2.3. Durée de contamination**

Souvent l'effet toxique des métaux traces s'amplifie avec la durée d'exposition, surtout dans le cas d'expériences de toxicité chronique portant sur plusieurs générations. Ainsi, le concept de bioaccumulation résulte de la balance nette des processus de capture, de stockage et d'excrétion d'une substance dans un organisme, due à une exposition dans l'eau, la nourriture, le sédiment et l'air (Neff, 2002).

## **2.3. Propriétés chimiques du contaminant**

### **2.3.1. Nature du polluant**

Les métaux traces sont de deux types, certains comme le cuivre, le nickel, le chrome et le fer sont en très petites concentrations essentiels à la survie de toute forme de vie. On les appelle les oligo-éléments essentiels. Cependant, autres tels que le plomb, le cadmium, le mercure, n'ayant pas un rôle biologique connu, sont toxiques même à des concentrations très faibles.

### **2.3.2. Forme physico-chimique du polluant (spéciation)**

Dans le milieu aquatique, les métaux traces peuvent se présenter sous diverses formes physiques (dissoutes, particulaires) et chimiques (minérales, organiques). Afin d'évaluer la biodisponibilité du métal, il est nécessaire de reconnaître sa spéciation c'est-à-dire sa distribution vis à vis de ses différentes formes physico-chimiques (Tableau 02). Dans le milieu aquatique, de nombreux paramètres influencent cette répartition, notamment la

présence de ligands d'ions compétiteurs tels que  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , les conditions redox, la température, le pH, la force ionique (Campbell, 1995)

**Tableau 02** : Spéciation (forme physico-chimique) des métaux traces.

Formes physico-chimiques possibles		Exemples
Ions métalliques hydrates		$\text{Cd}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$
Complexe	Organiques	Al-citrate, Cu-fluvate
	Inorganiques	$\text{CuCO}_3$
Espèce colloïdale	Organiques	$\text{Cu}^{2+}$ - acide humique
	Inorganiques	$\text{Pb}^{2+}$ - $\text{MnO}_2$
Espèce particulaire		Métaux associés à des minéraux, sols, argiles, bactéries, microalgues, matières organiques

Si d'un point de vue éco toxicologique la forme libre d'un métal ( $\text{Mn}^+$ ) est généralement considérée comme la plus toxique, la connaissance d'autres formes physico-chimiques du métal est importante car des modifications des conditions abiotiques (pH, condition redox) ou biotiques (dégradation biologique de la matière organique pouvant modifier le pH) peuvent influencer la biodisponibilité des métaux et par conséquent leur toxicité.

Plusieurs réactions physico-chimiques ou biologiques conditionnant la spéciation d'un métal peuvent donc survenir dans un milieu aussi complexe que le milieu aquatique (Choutou, 2004).

### 3. Mécanismes de défense de l'organisme

#### ➤ Excrétion des métaux

Parallèlement aux étapes de pénétration et de répartition des contaminants au sein de l'organisme, de nombreux mécanismes physiologiques et biochimiques contribuent à les éliminer. Tous les organismes aquatiques piègent des métaux en quantités importantes mais pour beaucoup d'espèces, l'excrétion des métaux accumulés n'est pas négligeable. Les principaux processus sont : la défécation, la perte via la surface perméable, la désorption passive et les granules d'expulsion (Wu et al. 2007).

L'organe d'excrétion des métaux est le rein. Les métaux stockés dans les granules peuvent être perdus à travers le tractus alimentaire sous forme de fèces. L'éjection par

les fèces est le processus dominant pour la décontamination métallique (Boudou et al. 2005; Casas et al., 2008).

#### **4. Stockage des métaux traces : Organotropisme et métallothionéines**

##### **➤ Organotropisme**

Il désigne le processus par lequel certaines molécules, qui peuvent être des contaminants, des toxiques, des radionucléides ou de simples oligo-éléments sont dirigés et éventuellement durablement stockés par certains organes de manière préférentielle, voire quasi-exclusive (Simon et Boudou, 2002). Par exemple, le Hg est considéré parmi les métaux les plus dangereux car il s'accumule préférentiellement dans les muscles. Les métaux qui s'accumulent le plus souvent dans les viscères (rein, branchies...) sont moins dangereux que ceux qui s'accumulent dans le foie (Boudou et al., 2005 ; Casas et al., 2008).

##### **➤ Métallothionéines**

Ce sont des molécules de faible poids moléculaire (6 à 7 kDa), exceptionnellement riches en cystéine et en métal (6 à 7 atomes par molécule de protéine) et totalement dépourvues d'acides aminés aromatiques et d'histidine (Palmiter et al., 1992 ; Kameo et al., 2005). En temps normal, les métallothionéines existent à faible concentration dans les cellules. Il a été démontré qu'à la suite d'une exposition à des doses sublétales de certains métaux tels que le cadmium, le cuivre, le mercure, le zinc, ou l'argent, il y avait une induction de la synthèse de thionine et une liaison de l'apoprotéine au métal pour former la métallothionéine. L'affinité des ions métalliques varie en fonction des sites de fixation des métallothionéines (Proprawa et Capusta, 2004).

Les métallothionéines sont essentiellement des protéines cytoplasmiques, mais qui peuvent se trouver dans les noyaux des cellules hépatiques ou rénales. Dans le compartiment extracellulaire, elles se rencontrent dans le plasma, l'urine et la bile.

La fonction première de ces molécules est de réguler les concentrations intracellulaires de certains métaux essentiels à l'organisme, tels que, le fer, le cuivre et le zinc. Ces métallothionéines permettent la séquestration de ces derniers afin d'éviter leur circulation à l'état libre dans les tissus et leur fixation sur d'autres protéines vitales (Flatou et al., 1983, 1985 ; Chang, 1995). Les métallothionéines jouent le même rôle de détoxification partielle par captage des métaux dans l'organisme lorsque ceux-ci ont une origine exogène (Bauman et al., 1993 ; Chang, 1995).

**Chapitre II : Sites  
d'échantillonnage (Hammam  
Debagh) et les espèces de  
poissons**



## **Chapitre II : Sites d'échantillonnage (Hamмам Debagh) et les espèces de poissons**

### **I. Le barrage d'Hamмам Debagh (Sites d'échantillonnage)**

#### **1. La situation Géographique**

Le barrage de Hamмам Debagh est situé au Nord Est algérien, à 20 Km à l'ouest de la ville de Guelma. Il est implanté à 3 Km à l'amont de la localité de Hamмам Debagh. Le barrage a été construit sur l'oued Bouhamdene et son bassin versant a une surface de 1105 Km<sup>2</sup> à Medjaz Amar. Il se trouve dans l'Atlas Tellien orientale appartient au grand bassin versant de la Seybouse qui couvre une superficie plus de 6470 Km<sup>2</sup> (Annuaire hydrologique, 1993).

#### **2. Le bassin versant**

Le bassin versant est une unité géographique définie à partir d'une section droite d'un cours d'eau et qui comprend toute la surface en amont de cette section de telle sorte que toute l'eau qui arrive sur cette surface transite, du moins en théorie, par cette section droite (Musy et Higy, 2004).

L'oued Bouhamdene résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'oued Sabath et l'oued Zenati, drainant respectivement une superficie de 296 Km<sup>2</sup> et de 592 Km<sup>2</sup> et dont la confluence donne naissance à l'oued Bouhamdene. Le bassin de Oued Bouhamdene est caractérisée par un réseau hydrographique dense d'une superficie de drainage de 1105 Km<sup>2</sup> de forme allongée et un talweg principal a une longueur de 90 km (Mekaoussi, 2014).

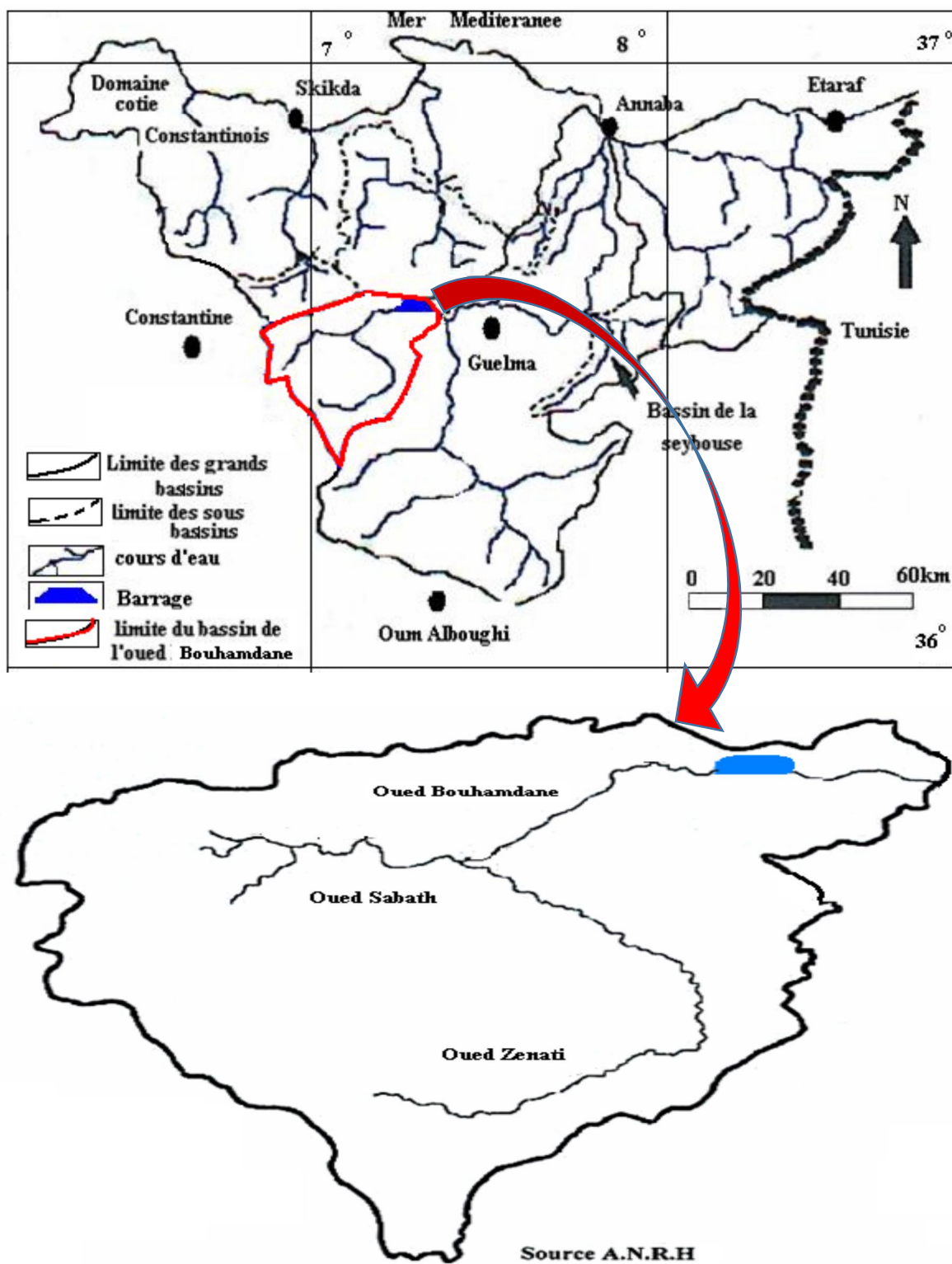


Figure 04 : Situation géographique du Bassin versant de l'Oued Bouhamdane

### 3. Le cadre géologique et lithologique du barrage

La géologie et la lithologie sont des parties très importantes dans toute étude hydrologique et hydrochimique. Elles jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux se trouvant dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré. Ces paramètres sont conditionnés par la perméabilité du terrain. La géologie de Oued Bouhamdene est formée de nappe substratum de calcaire, lequel ont été charriées les nappes dites telliennes, constituées de marnes noirs ou gris (Mansouri, 2009).

Son bassin versant permet de voir trois formations géologiques : des formations tendres et pentées, des formations superficielles et des formations raides (perméables).

La lithologie du bassin versant de l'oued Bouhamdene est complexe. Elle présente des variations de résistance et de faciès allant des roches les plus dures représentées par les roches calcareuses et gréseuses, aux roches les plus tendres marneuses.

### 4. Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et converge vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

L'oued Bouhamdene résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'oued Sabath et l'oued Zenati, drainant respectivement une superficie de 296 Km<sup>2</sup> et de 592 Km<sup>2</sup> et dont la confluence donne naissance à l'oued Bouhamdene.

Le réseau hydrographique dense d'une superficie de drainage de 1105 Km<sup>2</sup> de forme allongée et un talweg principal a une longueur de 90 km (Mekaoussi, 2014).

### 5. Hydroclimatologie

Le bassin versant de Oued Bouhamdene a un climat tempéré et subhumide, caractérisé par deux saisons, l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude. Le cycle hydrologique subit de nombreux processus, complexes et variés, mesurables pour certains, estimés par approximations pour d'autres : précipitations, ruissellement, évapotranspiration, percolation-infiltration et emmagasinement. Les précipitations, surtout liquides sont de loin les plus importantes. Elles constituent le facteur essentiel agissant sur l'écoulement de surface (Mekaoussi, 2014).

Les précipitations journalières, les températures, l'évaporation, qui ont une influence directe ou indirecte sur le régime d'écoulement et par la suite sur la qualité des eaux ruisselées et stockés au niveau des barrages (Bouguerne, 2001).

### ➤ Les données climatiques disponibles

Les données climatiques utilisées pour l'analyse sont la température, précipitation, apport, évaporation, mesurées au niveau du barrage de Hammam Debagh par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) sur une période de 11 ans (1995/2005). (Voir tableau 03)

Cette période est suffisante pour définir les caractéristiques essentielles du climat. Plusieurs contraintes ont limité la portée initiale de ce travail : le manque de données climatiques journalières à l'intérieure du bassin et l'absence des mesures hydrométriques fiables sur Oued Bouhamdene. Cet handicap n'influe pas sur l'étude de la variation de la qualité des eaux du barrage.

**Tableau 03** : Caractéristiques des données climatiques du barrage de Hammam Debagh (1995/2005)

Paramètres	Min.	Moy.	Max.	Médiane	Ecart type	Coefficient de Variation
Précipitations	0.00	48.81	244.10	32.95	51.30	1.05
Températures	4.06	18.72	31.53	17.93	7.57	0.40
Evaporation	0.07	0.45	1.23	0.35	0.31	0.68

## 6. Les activités anthropiques autour du barrage :

Par la pratique des activités anthropiques (culture des tomates, d'olives, des pommes, des poivres etc.) les engrais, les pesticides et ainsi que leurs dérivés utilisés lors de la culture de ces fruits et légumes au environ de Oued Bouhamdene finissent par atteindre les eaux du barrage par les phénomènes de ruissellement et d'infiltration. Et aussi les déchets et les usées domestiquent finissent leur course dans le barrage d'où la concentration élevée de certains éléments ci-dessus dans les eaux du barrage de Hammam Debagh.

Les eaux usées de l'usine de fabrication de briques dans la commune de Bordj Sabath et les eaux usées de la commune de Bouhamdene ruissellent et finissent par atteindre l'Oued Bouhamdene d'un côté par l'Oued Sabath et par la suite polluent les eaux de ce dernier (le barrage).

### 7. Paramètres physico-chimique de certains éléments du barrage

Ces paramètres, font l'identité de base de l'eau et sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...) ou par des indicateurs plus globaux comme :

- la conductivité électrique, qui permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau,
- le titre alcalimétrique, qui permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau,
- le potentiel d'hydrogène qui représente le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau contrôlant la plupart des réactions chimiques (Mekaoussi, 2014).

**Tableau 04** : Paramètres physico-chimique de l'eau du barrage d'Hammam Debagh

Période	Mars 2017
Température	13.7 °C
pH	8.40
Conductivité	707 $\mu$ S/cm
Salinité	0.1
Matière organique	2.9 mg/l
Matière en suspension	4 mg/l
NO <sup>2-</sup>	0.018 mg/l
NO <sup>3-</sup>	0.359 mg/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.115 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	173 mg/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	151.28 mg/l

## II. Les espèces (le sandre commun, le barbeau et la brème commune)

### 1. Le sandre commun

#### 1.1. Position systématique

D'après (Fischer et al., 1987), la systématique du sandre commun est la suivante :

**Embranchement :** *Chordés*

**Sous-embranchement :** *Vertébré*

**Classe :** *Actinopteryens*

**Ordre :** *Perciformes*

**Famille :** *Percidés*

**Genre et espèce :** *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)

#### 1.2. Morphologie

- Caractères à la fois de perche (Percidé) et de brochet.
- Corps allongé, cylindrique et fusiforme permettant une nage rapide.
- Tête allongé à museau pointu.
- Mâchoires puissamment dentées : dents, certaines en forme de canines (2à chaque mâchoire), disposées sur le prémaxillaire, le palatin et le vomer. Absence de dents sur la langue.
- Bouche largement fendue, jusqu'au bord postérieur de l'œil.
- Œil grand, globuleux et vitreux, avec un système de tapis réflecteur (tapetum lucidum) riche en pigment rétinien (Porphyropsine) qui permet une adaptation à une vision en lumière faible, donc qui favorise une activité crépusculaire.
- 2nageoires dorsales séparées par un mince intervalle, et nageoires pectorales jaune pale.
- Opercules à pointe postérieure acérée.
- Petites écailles cténoïdes (à bord dentelé), très rugueuses et fortement adhérentes.
- L'ensemble de ces caractères morphologiques présente une très faible variabilité inter populationnelle en fonction des fluctuations environnementales
- Couleur gris-vert à gris-brun et noir, flancs plus clairs. Le mâle est plus sombre (noir) que la femelle au moment de la reproduction (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001)



**Photo 01** : Le Sandre commun, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)

### 1.3. Répartition géographique :

Le sandre fréquente des eaux calmes et profondes (lacs, réservoirs, ballastières et des eaux courantes (fleuves, rivières ....) à cours plutôt lent et présentant des zones profondes (fonds de sable, de graviers, de cailloux ou de rochers). Les eaux mésotrophes sont favorables au développement de ses populations. Ses exigences en oxygéné sont de 3,5 à 4 mg/l.

Fuyant la lumière (caractère lucifuge), il affectionne les eaux libres au-dessus de haut fonds durs, sans vase ni végétation, ainsi qu'à proximité des rives riches en racines d'arbres et d'arbustes. Sa préférence va pour des lacs de superficie moyenne ou grande, de faible profondeur, donc sans stratification thermique estivale, avec un bon mélange des eaux et il supporte également des eaux turbides. Dans les lacs, il se maintient mal dans les petits cours d'eau et les plans d'eau peu profonds ou il a été introduit. Il se montre plus tolérant aux pollutions organiques à la sédimentation et aux fluctuations de niveau des eaux que son homologue américain (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

### 1.4. Ecobiologie :

Le sandre mène une vie grégaire. Il chasse en particulier en bandes, son activité est surtout crépusculaire et nocturne, le pic d'activité se situant, avec des variations saisonnières, entre 18 et 24h. Elle est maximale durant l'été mais les sandres demeurent actifs durant l'hiver ainsi qu'en témoignent les suivis par radiopistage ou tracking.

Le plus souvent sédentaire, il est capable de se déplacer (jusqu'à 200 Km) dans les cours d'eau. Les femelles se déplacent plus que les mâles, leur mobilité dépendant de la température.

Des températures trop faibles (5°C) ou trop chaudes (30°C) provoquent des déplacements, les sandres étant alors à la recherche de températures plus compatibles avec leurs exigences thermiques. Le sandre mesure 40 à 70 cm et jusqu'à 1m 30 pour des poids de 10 à 15 Kg maximum 18 Kg. Il n'existe pas de différence sensible entre mâles et femelles. Ils ont une espérance de vie 10-15 ans maximum 20 ans (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

### **1.5. Régime alimentaire**

Presque exclusivement ichtyophage dès la taille de 7-8 cm (4mois d'âge), le sandre est un carnassier capturant des proies. Il pratique aussi le cannibalisme. Il est considéré comme un prédateur d'affut et de poursuite. Sa vitesse de nage est considérable au moment de l'attaque des proies : 3,1 fois sa longueur corporelle. (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

Très vorace, il chasse aux périodes de faible luminosité. Son organisation oculaire avec présence d'un tapis réflecteur (tapetum lucidum) et sa structure rétinienne sont très différentes de celles de l'autre Percidé qu'est la perche *Percafluviatilis*, permettant une vision en lumière réduite (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

## **2. Le barbeau**

### **2.1. Position systématique**

D'après (Fischer et al., 1987), la position du barbeau est la suivante :

**Embranchement :** *Chordés*

**Sous-embranchement :** *vertébré*

**Classe :** *Actinopteryens*

**Ordre :** *Cypriniformes*

**Famille :** *Cyprinidés*

**Genre et espèce :** *Barbus barbuis* (Linnaeus, 1758)

### **2.2. Morphologie**

- Forme élancée avec un corps allongé, cylindrique et fin, caractère d'un bon nageur.
- Profil ventral rectiligne : adaptation à une vie sur le fond. Dos légèrement bombé.
- Tête longue à museau allongé. Œil relativement petit.
- Bouche inférieure à lèvres épaisses charnues.
- 2 paires de barbillons sur le bord de la lèvre supérieure, et des petites écailles.



- Dorsale haute et courte, étroite à sa base, le dernier rayon étant ossifié et denticulé.



**Photo 02 :** Le Barbeau, *Barbus Barbus* (Linnaeus, 1758)

### 2.3. Ecobiologie

Le barbeau fréquente les rivières à courant rapide et à eaux vives (rhéophile), pures, fraîches et assez bien oxygénés, avec des fonds de roches, de cailloux et de graviers ou de sables. Il fréquente donc les faciès de type rivières (riffle) et de rapides mais supporte aussi des eaux tranquilles. Il est égal à la fois benthique et fouisseur. Il est considéré comme une espèce oxyphile. Ses préférences d'habitat ont été précisées par et ses choix de faciès par (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

Thermophile, il supporte des températures jusqu'à 29-30°C, mais un réchauffement artificiel estival semble ne pas lui convenir. Durant l'été, il fréquente des eaux plus profondes et moins courantes ou il séjourne durant la journée, occupant les zones peu profondes et courantes des riffles au crépuscule (1h environ) et à l'aube (1h 30) (Son home range couvre une surface de 127 à 143 m<sup>2</sup>, dépendant de la température de l'eau. En période de fraye, les géniteurs accomplissent des déplacements d'assez grandes amplitudes (plusieurs km) et regagnent après la ponte leur habitat de départ (comportement de homing). Les juvéniles recherchent des zones peu profondes et peu courantes, proches des rives tandis que les poissons plus âgés fréquentent des eaux plus profondes dans le chenal principal.

Avec une couleur verdâtre à brun doré, chatoyant de reflets métalliques au niveau de son dos et son ventre jaunâtre-blanc nacré. Caudale, anales et pelviennes de teinte orangée.

La première maturité sexuelle est atteinte à partir de 35 cm. Elle est tardive : 7-8 ans chez les femelle, 4-5 ans chez les mâles .La maturation sexuelle est induite par une température et une photopériode croissante (jours longs et eaux chaudes : Poncin et al. 1987). Le barbeau mesure entre 30 à 60 cm et pèse entre 500g à 7 kg, le maximum 13kg avec une longévité élevée, 25ans (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

#### **2.4. Régime alimentaire**

Ce poisson est omnivore à dominance carnée (zoophage) : les proies qu'il prélève en fouissant le fond ou en prospectant des herbiers (renoncules, potamogétons, myriophylles...) sont diversifiées. Il est considéré comme un suceur de proies benthiques : larves d'insectes (Diptères Chironomides et Simulides, Ephéméroptères, Trichoptères : phryganes), Oligochètes, Nématodes et parfois gammares, écrevisses, Mollusque Gastéropodes (Ancylus) ou Lamellibranches (Pisidium), frai de poissons. Son activité trophique serait, pour des températures à 10°C, plutôt à rythme bimodal : crépusculaire et nocturne tandis que, durant l'automne et l'hiver, le pic d'activité alimentaire se limiterait à l'après-midi et que toute activité trophique cesse au-dessous de 4°C. Durant l'été et l'automne, le barbeau sélectionne des eaux courantes peu profondes pour sa recherche de nourriture, à l'aube et au crépuscule, se retirant le reste du temps dans des habitats plus profonds, plus riches en abris et à vitesse de courant plus faible, situés à proximité de ses aires trophiques, habitats pour lesquels il manifeste une grande fidélité assimilée à une sorte de homing (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

### **3. La brème commune**

#### **3.1. Position systématique**

D'après (Fischer et al., 1987), la position de la brème est la suivante :

**Embranchement :** *Chordés*

**Sous-embranchement :** *vertébré*

**Classe :** *Actinopteryens*

**Ordre :** *Cypriniformes*

**Famille :** *Cyprinidés*

**Genre et espèce :** *Abramis brama* (Linnaeus, 1758).

### 3.2. Morphologie

- Corps très haut et très fortement comprimé latéralement. Bouche sans barbillon.
- Grandes écailles.
- Dorsale à rayons mous, anale longue à rayons mous.
- Dents pharyngiennes soumises à remplacement saisonnier. Elles jouent un rôle important dans le mode d'alimentation et leur forme est corrélée au type d'aliment ingéré. De plus, le nombre des rangées de dents et la forme des dents constituent des critères utiles en systématique. Les arcades dentaires sont minces et les dents disposées en une rangée (formule dentaire 5-5) sont petites et fragiles, ce qui différencie cette brème de la brème bordelière *Bliccabjoerkna*. Toutefois, la séparation en genres distincts ne semble pas justifiée.

Elle a un couleur grise foncée à olivâtre ou noirâtre et à reflets vert métallique au niveau du dos, des flancs gris clair, à reflets argentés ou dorés et sa face ventrale est blanchâtre. La grande brème mesure 30-50 cm et jusqu'à 75 cm et pèse jusqu'à 5 kg, avec une espérance de vie de 20 à 25 ans (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).



**Photo 03** : La Brème commune, *Abramis Brama* (Linnaeus, 1758).

### 3.3. Ecobiologie

La grande brème fréquente les eaux calmes des étangs, lacs, ou lentes des rivières et fleuves. La brème supporte au stade adulte des eaux faiblement salées et méso halines jusqu'à 8-10 g/l dans les eaux plus salées. En revanche, elle exige des eaux douces une concentration très faiblement haline pour sa reproduction, d'où la nécessité de migrations de reproduction entre eaux saumâtres et eaux oligohalines. Elle est parfois présente dans certains lacs de

moyenne montagne. La maturité sexuelle est tardive en raison d'une croissance lente : 5 à 7ans (taille de 18-50 cm) et la ponte se situe en avril-mai-juin, dans des eaux à 12-16°C (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

### **3.4. Régime alimentaire**

La grande brème est un poisson benthophage fouisseur des fonds vaseux à la recherche de proies animales (Vers Oligochètes, et surtout larves d'insectes). Elle peut aussi être un consommateur de débris de plantes aquatiques (algues filamenteuses et macrophytes), parfois elle mélange à des particules de sédiment (vase, sable). Durant ses 3 premières années de vie, elle est zooplanctonophage et consomme surtout des crustacés zooplanctoniques en milieu lacustre. Les adultes âgés sont parfois ichthyophages (Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001).

# **Partie II : Etude expérimentale**

# **Chapitre III : Matériel et méthodes**

## Partie II : Etude expérimentale

### Chapitre III : Matériel et méthodes

#### Méthodologie et matériels utilisés

##### 1. Prélèvement et traitement des échantillons

Nous avons pêché et amené les poissons du barrage d'Hammam Debagh dans des glaciaires.

Nous les avons conservé dans le frigo dès notre arrivée dans le laboratoire, on les a pesé et mesuré à l'aide d'une balance de précision (0.05 mg) et un mètre (la taille et le poids general).



**Photo 04** : Poids et mesure des poissons

Nous les avons disséqué et prélevé les tissus mous (organes) suivants : les gonades, le foie, le rein, le cœur et la chair.



**Photo 05** : La dissection de nos poissons

Aussitôt les organes prélevés nous les avons pesés et conservés dans l'étuve pendant 24 H à une température de 80 °C.



**Photo 06 :** L'étuve

Après séchage dans l'étuve nous avons pesé 300 mg de la matière sèche de chaque organe, puis nous les avons broyés dans un mortier sec à surface lisse préalablement nettoyé jusqu'à ce que la chair soit homogène.



**Photo 07 :** La matière séchée dans les flacons

Une fois tous ces organes séchés et broyés nous les avons mis dans des différents téflons et par la suite nous sommes passés à la phase de minéralisation.

## **2. Minéralisation**

Les organes prélevés et séchés sont par la suite minéralisés. La minéralisation consiste à la destruction de la matière organique par une attaque acide pour libérer les métaux traces à doser. Pour cela, nous avons utilisé l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ), l'acide perchlorique et l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ). Le protocole de préparation des échantillons est résumé comme suite d'après (CEAEQ, 2003).



- Prélever environ 300 mg de l'échantillon sec.



**Photo 08** : La balance de précision

- Nous avons ajouté par la suite 5 ml d'acide nitrique concentré (HNO<sub>3</sub>) à 65% à chaque échantillon d'une part pour détruire la matière organique y présente et d'autre part pour la mise en solution de l'échantillon.



**Photo 09** : Les échantillons sous la hotte

- Laisser le tout au repos environ 30 minutes sous hotte sans fermer le couvercle.
- Enfoncer des contenants de téflon sans leurs couvercles dans un bain de sable pour les chauffer (à environ 50°C pendant environ 40 minutes) jusqu'à ce que le volume atteigne environ 0,5 à 1,0 ml.



**Photo 10** : Les échantillons dans le bain de sable

- Ajouter 1 ml d'acide perchlorique ( $\text{HClO}_4$ ) à 72% et 1 ml de HCl concentré pour éliminer toute trace de matière organique qui n'est pas éliminée par l'acide nitrique et on laisse échapper le gaz pendant quelques minutes en agitant légèrement sous la hotte.



**Photo 11** : Les échantillons contenant les acides

- Réchauffer les solutions d'environ une heure.
- Refermer hermétiquement les contenants et les déposer dans le bain de sable ou ils vont chauffer (à environ  $80\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ ) durant une heure.
- Ouvrir les couvercles délicatement après 30 minutes pour décompresser et laisser échapper le gaz.
- Immerger les contenants de téflon dans l'eau froide durant 10 à 15 minutes pour faire baisser la pression.
- Ouvrir le contenant et transférer le tout dans un tube de polypropylène de 50 ml ajusté avec de l'eau ultra pure à un volume de 25 ml.



**Photo 12** : Les extraits des échantillons

- Bien homogénéiser l'extrait.

- Et finir nous avons filtré chaque échantillon d'organe à travers un papier filtre de porosité 0.45 micromètre avant de passer au dosage.

### 3. Dosage des métaux traces

Tous nos échantillons minéralisés et filtrés sont transférés dans des flacons en verre pour le dosage au niveau de laboratoire de la chimie dans la faculté centrale, et dosés à l'aide d'un appareil : Spectrométrie d'absorption atomique AAnalyst 400 de marque Perkin Elmer (SAA). La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) est une technique décrite pour la 1<sup>ère</sup> fois par Walsh (1955).

SAA étudie les absorptions de lumière par l'atome libre. C'est une des principales techniques mettant en jeu la spectroscopie atomique dans le domaine UV-visible utilisée en analyse chimique. Elle permet de doser une soixantaine d'éléments chimiques (métaux et non-métaux). Les applications sont nombreuses étant donné qu'on atteint couramment des concentrations inférieures au mg/L (ppm).

En chimie analytique, la spectrométrie d'absorption atomique (SAA) est une technique de spectroscopie atomique servant à déterminer la concentration de certains métaux dans un échantillon. L'absorption est utilisée généralement pour faire un dosage, l'élément est connu, on détermine une concentration.

L'analyse se base sur l'absorption de photons par des atomes à l'état fondamental, et on utilise à cet effet en général des solutions sauf dans le cas des hydrures. Une préparation est donc souvent nécessaire : dissolution d'un alliage par exemple.

#### 3.1. Principe du dosage

L'absorption atomique de flamme est une méthode qui permet de doser essentiellement les métaux en solution. Cette méthode d'analyse élémentaire impose que la mesure soit faite à partir d'un analyte (élément à doser) transformé à l'état d'atomes libres. L'échantillon est porté à une température de 2000 à 3000 degrés pour que les combinaisons chimiques dans lesquelles les éléments sont engagés soient détruites.

La spectrométrie d'absorption atomique est basée sur la théorie de la quantification de l'énergie de l'atome. Les photons absorbés étant caractéristiques des éléments absorbants, et leur quantité étant proportionnelle au nombre d'atomes d'élément absorbant selon la loi de distribution de Boltzmann, l'absorption permet de mesurer les concentrations des éléments à doser.

L'analyse par absorption atomique utilise la loi de Beer-Lambert. S'il y a plusieurs éléments à doser, on réalise cette manipulation pour chaque élément de l'échantillon en se plaçant à une longueur d'onde fixée. Il faut donc à chaque manipulation choisir une source adaptée pour éclairer l'élément que l'on cherche à exciter.

### 3.2. Appareillage

La spectrométrie d'absorption atomique s'articule autour des appareils suivants :

#### ✓ Instrumentation de base

Le dispositif expérimental utilisé en absorption atomique se compose d'une source, la lampe à cathode creuse, d'un brûleur et un nébuliseur, d'un monochromateur et d'un détecteur relié à un amplificateur et un dispositif d'acquisition.

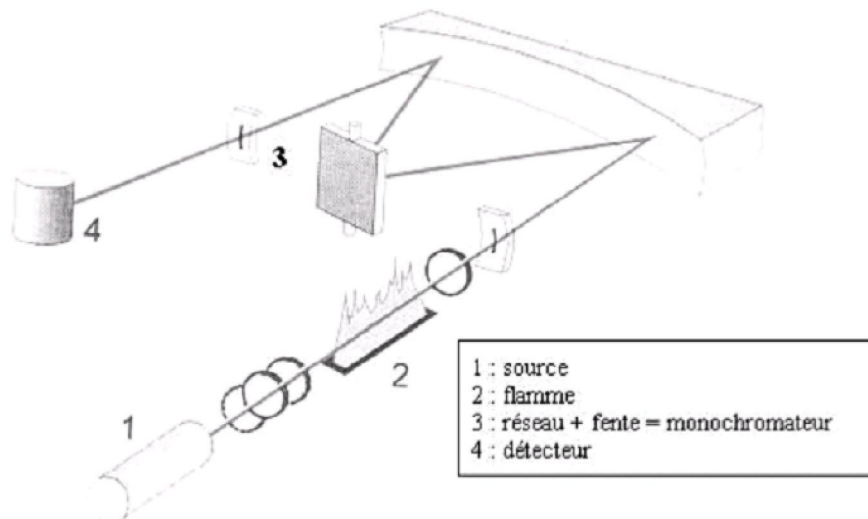


Figure 05 : Les éléments de base de l'appareil

#### ✓ La lampe à cathode creuse

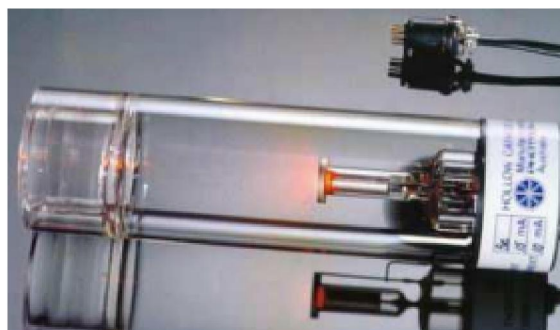


Photo 14 : La lampe à cathode creuse

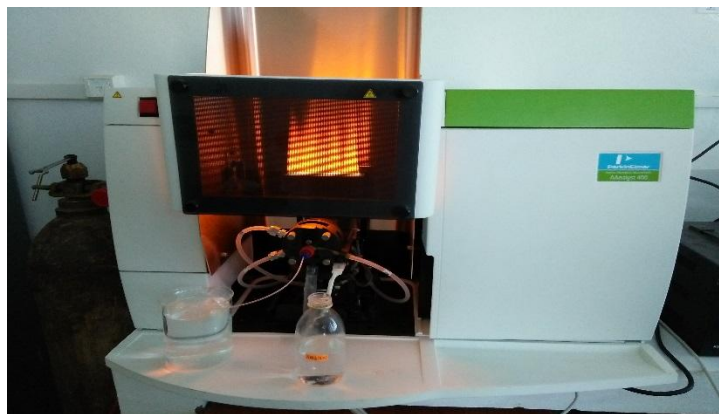
La lampe à cathode creuse est constituée par une enveloppe de verre scellée et pourvue d'une fenêtre en verre ou en quartz contenant une cathode creuse cylindrique et une anode. La cathode est constituée de l'élément que l'on veut doser. Un vide poussé est réalisé à l'intérieur de l'ampoule qui est ensuite remplie d'un gaz rare (argon ou néon) sous une pression de quelques mm d'Hg.

Lorsqu'on applique une différence de potentiel de quelques centaines de volts entre les deux électrodes, une décharge s'établit. Le gaz rare est alors ionisé et ces ions bombardent alors la cathode, arrachant des atomes à celle-ci. Ces atomes sont donc libres et sont excités par chocs : il y a émission atomique de l'élément constituant la cathode creuse. La particularité du rayonnement ainsi émis est qu'il est constitué de raies très intenses et très fines.

#### ✓ Le nébuliseur

L'échantillon à analyser est en solution. Celle-ci est aspirée au moyen d'un capillaire par le nébuliseur. A l'orifice du nébuliseur, du fait de l'éjection d'un gaz à grande vitesse, il se crée une dépression (effet Venturi). La solution d'analyse est alors aspirée dans le capillaire et à la sortie, elle est pulvérisée en un aérosol constitué de fines gouttelettes. Cet aérosol pénètre alors dans la chambre de nébulisation dont le rôle est de faire éclater les gouttelettes et d'éliminer les plus grosses. Ce brouillard homogène pénètre alors dans le brûleur.

#### ✓ La flamme – atomisation



**Photo 14 :** Spectrométrie d'absorption atomique AAnalyst 400 (Perkin Elmer)

L'aérosol pénètre dans le brûleur puis dans la flamme. Au bout d'un certain parcours au seuil de la flamme, le solvant de la gouttelette est éliminé, il reste les sels ou particules solides qui sont alors fondus, vaporisés puis atomisés.

La flamme air acétylène est la plus répandue et permet de réaliser le dosage de nombreux éléments. Sa température est de 2500°C environ. A la place d'une flamme, on peut également utiliser un four cylindrique en graphite pour atomiser l'échantillon.

La lumière qui quitte la source n'est pas monochromatique. On obtient un spectre de raies contenant :

- les raies de l'élément à doser,
- les raies du gaz de remplissage dans la source,
- les raies d'éventuelles impuretés,
- les raies de l'atomiseur (flamme).

Le rôle du monochromateur consiste à éliminer toute la lumière, quelle que soit son origine, ayant une longueur d'onde différente de celle à laquelle on travaille.

#### ✓ Le détecteur

Le faisceau arrive ensuite sur le détecteur. Ce dernier mesure les intensités lumineuses nécessaires au calcul des absorbances. Il est relié à un amplificateur et un dispositif d'acquisition.

On détermine :

Absorbance spécifique = Absorbance totale – Absorbance non spécifique

L'absorption spécifique est due à l'élément à doser (sur une raie). L'absorption non spécifique est due à l'absorption continue de la matrice.

Des mesures permettent la correction des absorptions non spécifiques.

#### 4. Préparation des courbes d'étalonnage

L'étalonnage a été réalisé avec une gamme relative à la concentration des échantillons pour chaque métal à analyser, les échantillons sont préparés à partir des solutions mères. Les concentrations des échantillons biologiques doivent être comprises dans l'intervalle de concentration des solutions standards (Pinta al., 1979). Pour chaque métal, une courbe étalon relative à la concentration de nos échantillons a été tracée à partir des solutions standards (mères) aussi on pourra faire la lecture correctement de nos dosages au SAA.

Pour plus de fiabilité, nous avons répété la lecture jusqu'à trois fois pour chaque échantillon.

**✓ Courbe d'étalonnage du fer :**

A partir d'une solution standard à 1% HNO<sub>3</sub> et de concentration 1000 mg/l, nous avons préparé une gamme d'étalon de concentrations respectives : 2 ; 4 ; 8 ; 16 mg/l. (voir annexe)

Coefficient de corrélation (R<sup>2</sup>) : 0.9946 Inclinaison : 0.05849 Interception : 0.0000

**✓ Courbe d'étalonnage du cuivre :**

A partir d'une solution standard à 1% HNO<sub>3</sub> et de concentration 1000 mg/l, nous avons préparé une gamme d'étalon de concentrations respectives : 0.1 ; 0.4 ; 0.8 ; 1 mg/l. (voir annexe)

Coefficient de corrélation (R<sup>2</sup>) : 0.9906 Inclinaison : 0.05749 Interception : 0.0000

**✓ Courbe d'étalonnage du zinc :**

A partir d'une solution standard à 1% HNO<sub>3</sub> et de concentration 1000 mg/l, nous avons préparé une gamme d'étalon de concentrations respectives : 0.2 ; 0.4 ; 0.8 ; 1 mg/l. (voir annexe)

Coefficient de corrélation (R<sup>2</sup>) : 0.9956 Inclinaison : 0.0556 Interception : 0.0000

**✓ Courbe d'étalonnage du chrome :**

A partir d'une solution standard à 1% HNO<sub>3</sub> et de concentration 1000 mg/l, nous avons préparé une gamme d'étalon de concentrations respectives : 0.8 ; 1.2 ; 1.4 ; 1.8 mg/l. (voir annexe)

Coefficient de corrélation (R<sup>2</sup>) : 0.9926 Inclinaison : 0.05549 Interception : 0.0000

**✓ Courbe d'étalonnage du cadmium :**

Pour le cadmium, nous avons procédé un tout petit peu différemment vue que sa limite de détection est très faible par rapport aux autres métaux traces. Nous avons préparé une gamme d'étalon de concentrations respectives : 0.005 ; 0.1 ; 0.4 mg/l, à partir d'une solution standard à 1% HNO<sub>3</sub> et de concentration 1000 mg/l. (voir annexe)

Coefficient de corrélation (R<sup>2</sup>) : 0.9985 Inclinaison : 0.05469 Interception : 0.0000

**✓ Traitement et expression des résultats**

Les valeurs moyennes sont exprimées avec leurs erreurs standards représentées sur les figures par un trait vertical.

La teneur de chaque métal lourd en ppm de matière sèche (MS) a été calculée comme suit :

$$T \text{ (mg/kg)} = (\text{mg/l} \times \text{volume total de l'extrait}) / \text{masse de l'échantillon (g)}$$

Les matériels qu'on a eus à utiliser pendant cette présente étude sont : Etuve, balance de précision, mètre, bain de sable, la hotte, l'acide nitrique( $\text{HNO}_3$ ), l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ), acide perchlorique, l'eau distille, l'eau ultra pure, la trousse de dissection, les types propylènes, le mortier, l'appareil de filtration, les papiers filtres, l'appareil spectrophotométrie absorption atomique, les téflons, les poissons.

L'analyse des échantillons été réalisée au laboratoire de chimie de la faculté centrale de l'université.



# **Chapitre IV : Résultats et discussions des dosages**

## Chapitre IV : Résultats et discussions des dosages

### I. Résultats des dosages

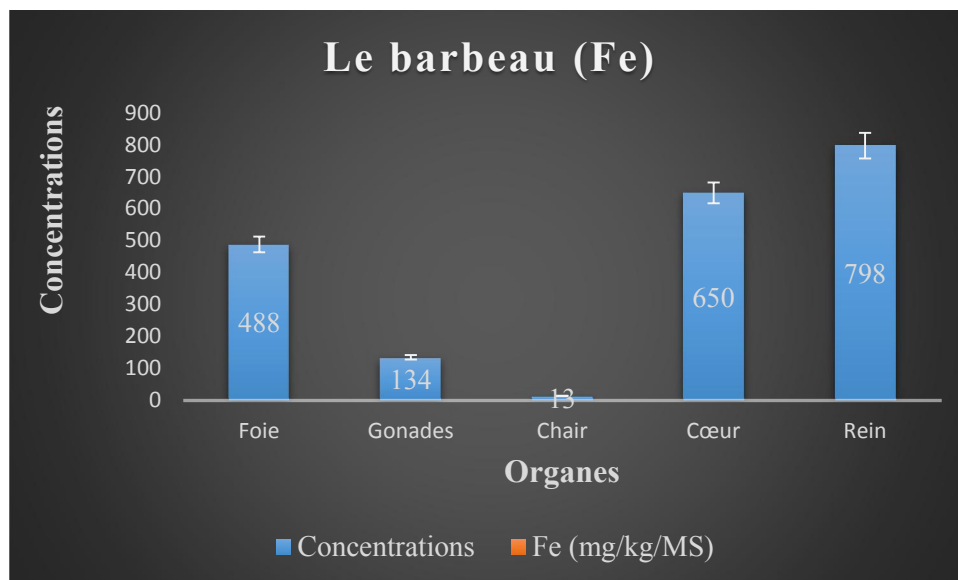
Dans cette étude, nous avons dosé cinq métaux : le cuivre, le zinc, le fer, le chrome et le cadmium dans les différents organes de trois espèces de poissons : *Barbus barbus* (le barbeau), *Sander lucioperca* (le sandre commun) et *Abranis Brama* (la brème commune). Le dosage a été réalisé au niveau du foie, des gonades, du cœur du rein et de la chair de ces trois espèces prélevées dans un site d'étude le barrage d'Hammam Bouhamdene.

#### 1. Dosage du fer

##### 1.1. Pour le Barbeau

Les résultats obtenus montrent des concentrations très élevées du fer au niveau du rein de l'espèce barbeau (797.5 mg/kg de matière sèche). Les organes du barbeau bioaccumulent différemment le fer (tableau, voir annexe). Nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations en fer par ordre décroissant :

**Rein > Cœur > Foie > Gonades > Chair**

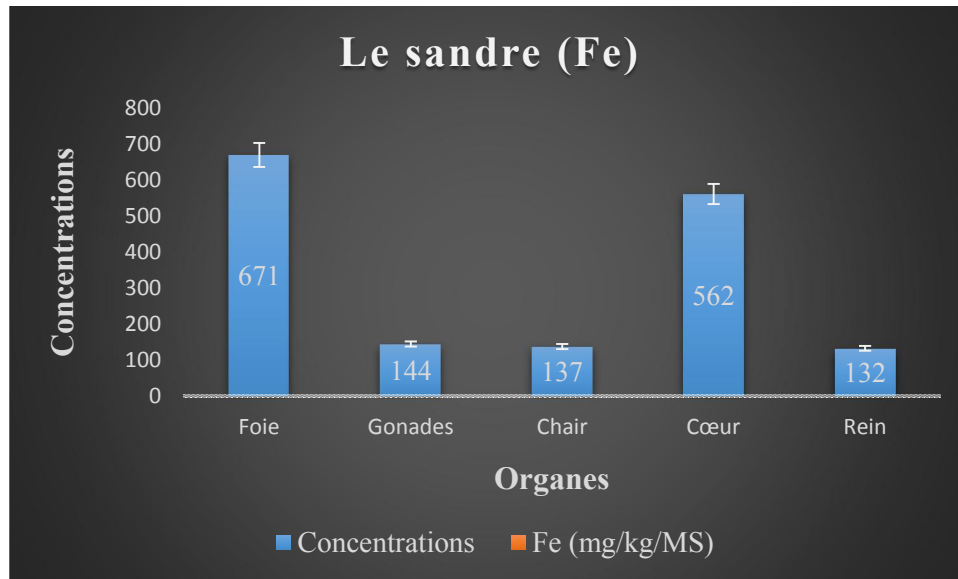


**Figure 05** : La variation des concentrations du fer dans les organes du barbeau (mg/kg) en ppm

### 1.2. Pour le sandre

Les résultats obtenus du dosage du fer pour le sandre montrent des concentrations très élevées au niveau du foie (670.83 mg/kg de matière sèche). Nous pouvons voir que les organes du sandre bio accumulent le fer à une différence très significative (tableau, voir annexe). Nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations en fer par ordre décroissant :

**Foie > Cœur > Gonades > Chair > Rein**

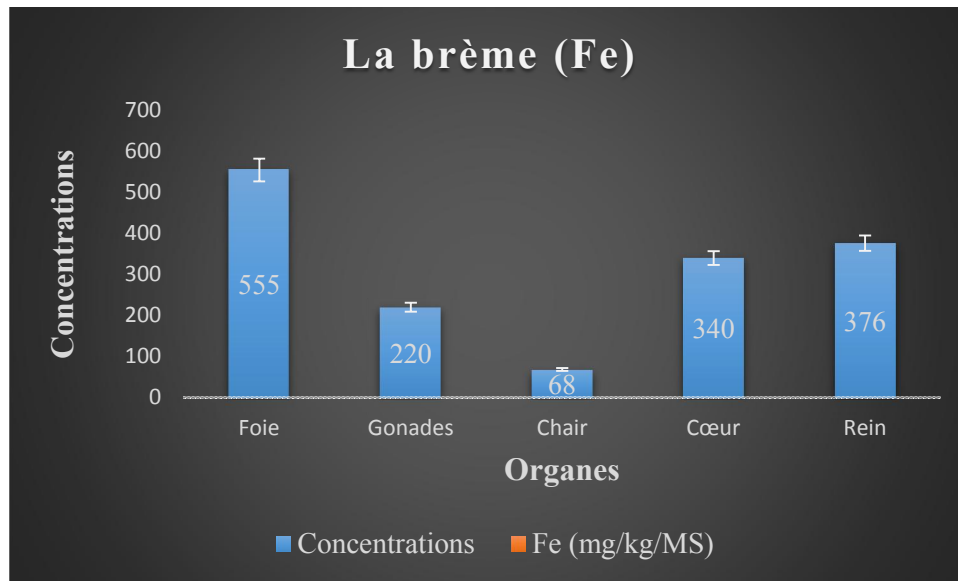


**Figure 06 :** La variation des concentrations du cuivre dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

### 1.3. Pour la Brème

Chez la brème, les concentrations les plus élevées sont détectées au niveau du foie (555 mg/kg de matière sèche). Les organes de la brème commune bio accumulent différemment le fer (tableau, voir annexe). Cependant, les concentrations en fer chez la brème suivent le gradient des concentrations suivant :

**Foie > Rein > Cœur > Gonades > Chair**



**Figure 07:** La variation des concentrations du fer dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

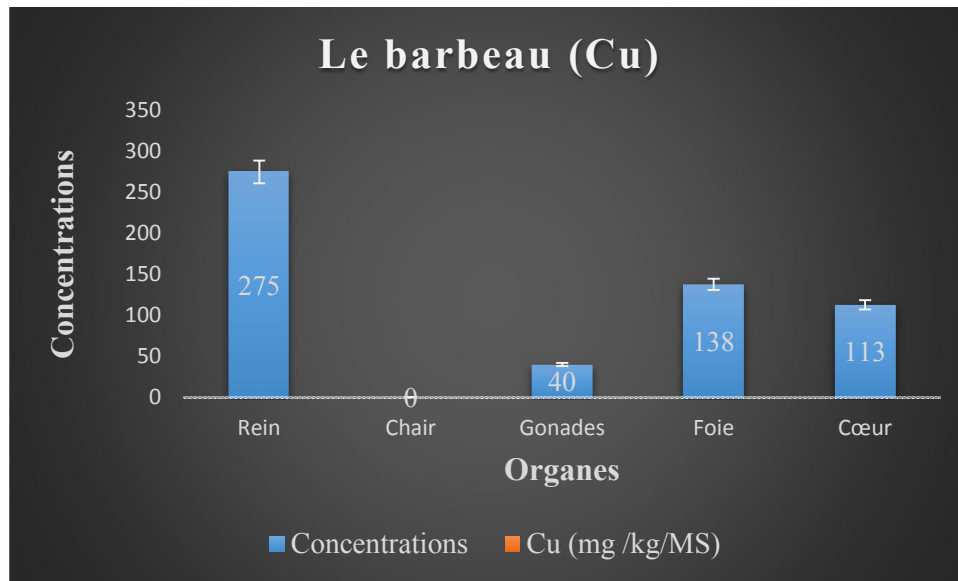
## 2. Dosage du cuivre

Les résultats obtenus du dosage du fer pour les trois espèces de poissons sont classés comme suite dans le tableau suivant :

### 2.1. Pour le barbeau

Les résultats obtenus du dosage du cuivre de l'espèce barbeau montrent des concentrations très élevées au niveau du rein (274.16 mg/kg de matière sèche). Les organes du barbeau bioaccumulent différemment le cuivre, et au niveau de sa chair la concentration du cuivre bioaccumulé est en très faible dose ou presque nulle (tableau, voir annexe). Nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations en fer par ordre décroissant :

**Rein > Foie > Cœur > gonades > Chair**

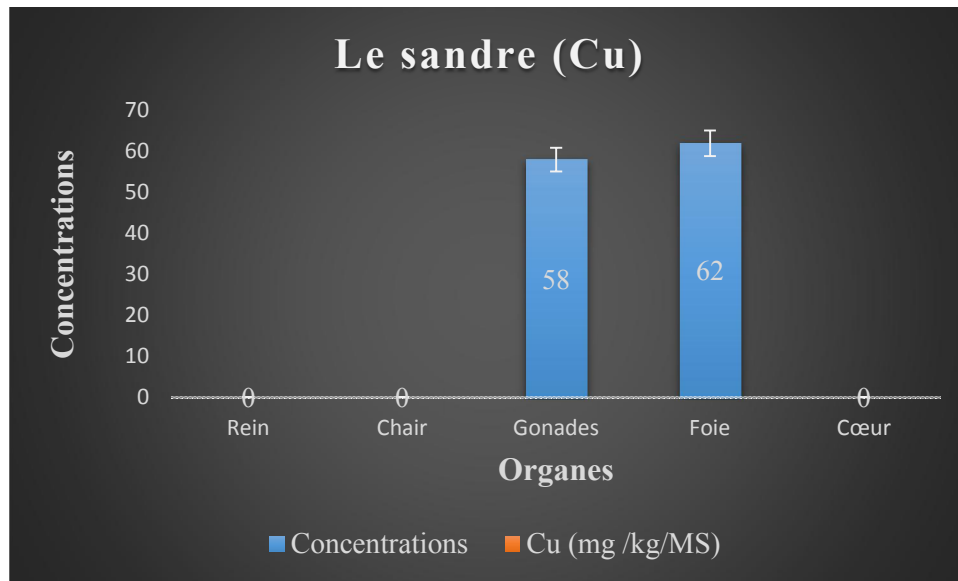


**Figure 08 :** La variation des concentrations du cuivre dans les organes du barbeau (mg/kg) en ppm

## 2.2. Pour le sandre

Cependant, chez le sandre les concentrations les plus élevées sont détectées au niveau du foie et des gonades (61.66 mg/kg de matière sèche). Sinon les reste des autres organes du sandre ne bioaccumulent presque pas le cuivre ou la concentration es très faible pour être détectée (tableau, voir annexe). Les concentrations en cuivre chez le sandre suivent le gradient des concentrations suivant :

**Foie > Gonades > Rein > Chair > Cœur**

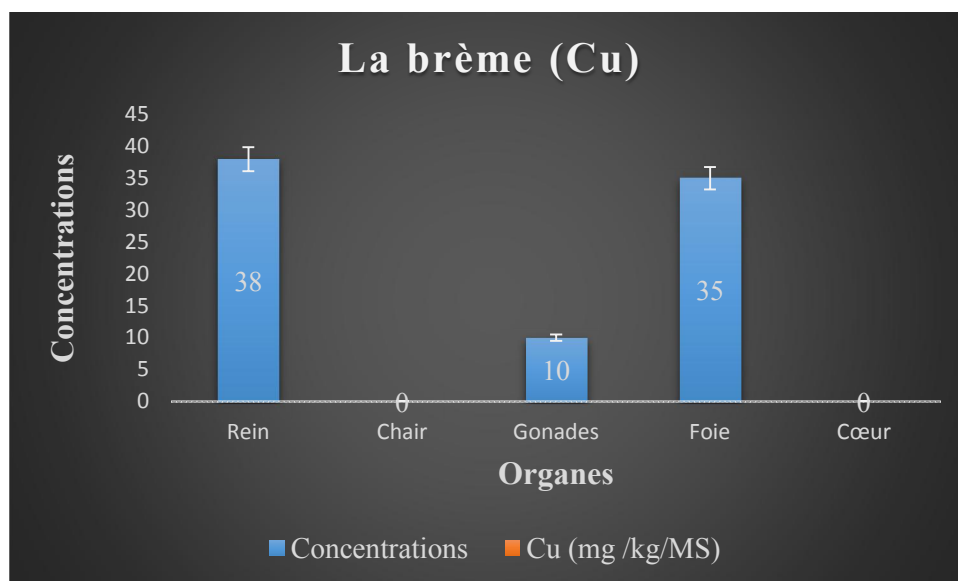


**Figure 09** : La variation des concentrations du cuivre dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

### 2.3. Pour la brème

Chez le sandre commun les concentrations les plus élevées sont détectées au niveau du foie et du rein (38.33 mg/kg de matière sèche). Les organes du sandre bioaccumulent différemment le cuivre (tableau, voir annexe). Cependant, nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations en fer par ordre décroissant :

**Rein > Foie > Gonades > Chair = Cœur**



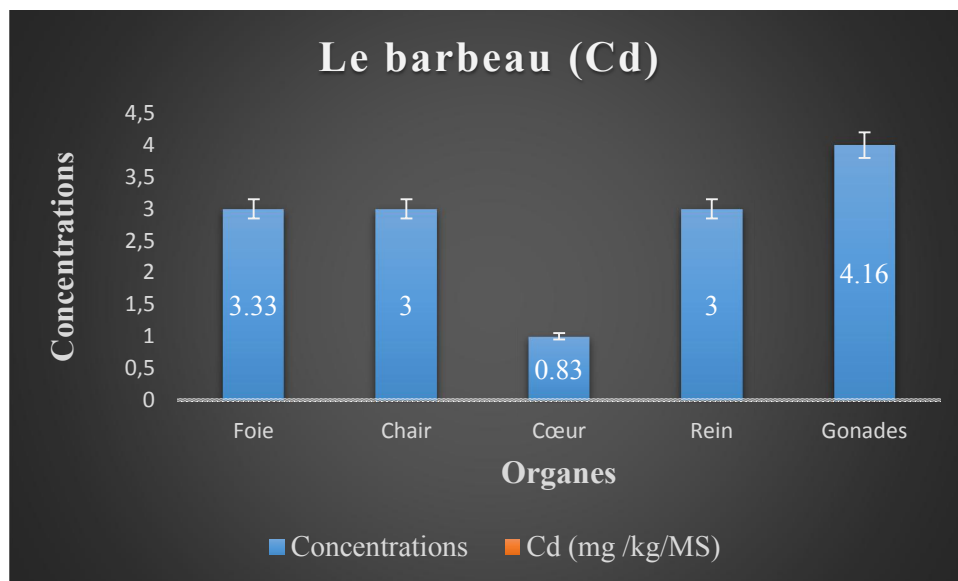
**Figure 10** : La variation des concentrations du cuivre dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

### 3. Dosage du Cadmium

#### 3.1. Pour le Barbeau

Les résultats obtenus du dosage du cadmium montrent des concentrations plus élevées au niveau des gonades (4.16 mg/kg de matière sèche). Nous pouvons constater que le barbeau bioaccumule identiquement le cadmium dans ses organes, excepté le cœur (tableau, voir annexe). Par contre, nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations par ordre décroissant :

**Gonades > Foie > Chair = Rein > cœur**

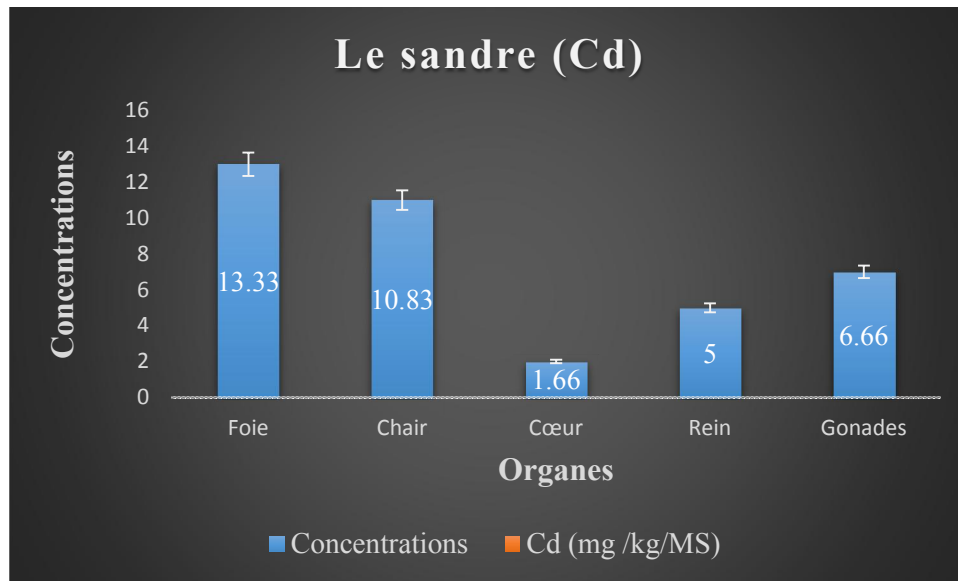


**Figure 11** : La variation des concentrations du cadmium dans les organes du barbeau (mg/kg) en ppm

#### 3.2. Pour le sandre

Cependant, chez le sandre les concentrations les plus élevées sont détectées au niveau du foie (13.33 mg/kg de matière sèche). Les organes du sandre bioaccumulent différemment le cadmium (tableau, voir annexe). Les concentrations en cadmium chez le sandre suivent le gradient des concentrations suivant :

**Foie > Chair > Gonades > Rein > cœur**



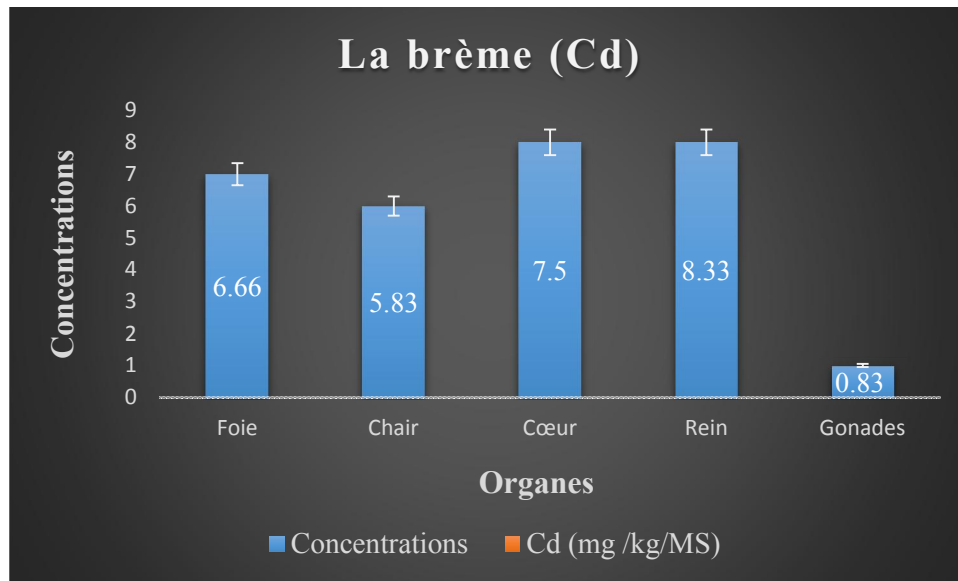
**Figure 12 :** La variation des concentrations du cadmium dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

### 3.3. Pour la Brème

Les résultats obtenus du dosage du cadmium montrent des concentrations plus élevées au niveau du rein (8.33 mg/kg de matière sèche). Il y a une légère différence de bioaccumulation du cadmium au niveau des organes de la brème, sinon presque des concentrations similaires dans ses organes exceptés les gonades (Tableau) (Voir annexe). Cependant, nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations par ordre décroissant :

**Rein > Gonades > Foie > Chair > cœur**





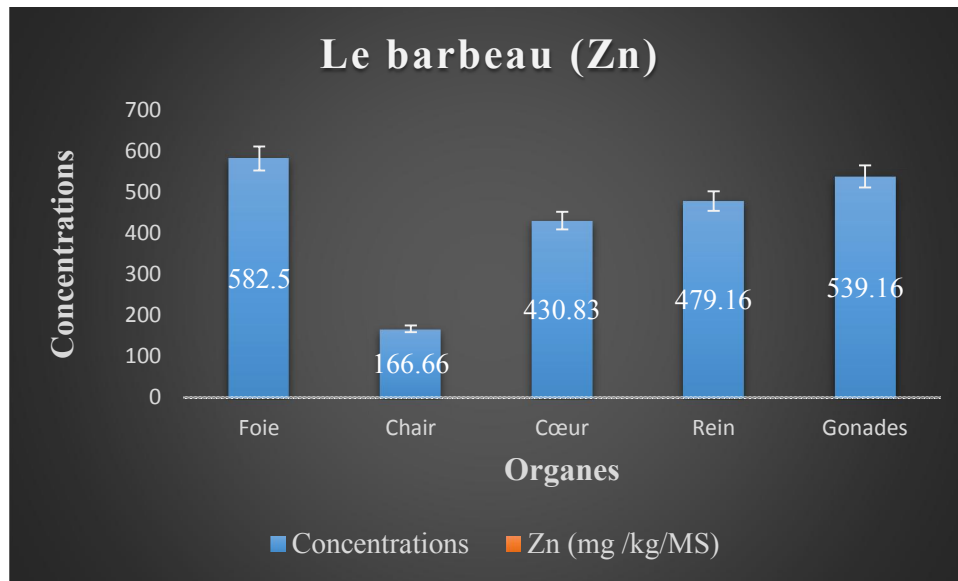
**Figure 13** : La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

#### 4. Dosage du Zinc

##### 4.1. Pour le barbeau

Les résultats obtenus du dosage du zinc montrent des concentrations plus élevées au niveau du foie (582.5 mg/kg de matière sèche). Il y a une légère différence de bioaccumulation du zinc dans les organes du barbeau, sinon presque des concentrations identiques au niveau des organes : foie, gonades, rein et cœur. La seule grande différence se situe au niveau de la chair (tableau, voir annexe). Nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations par ordre décroissant :

**Foie > Gonades > Rein > Cœur > chair**

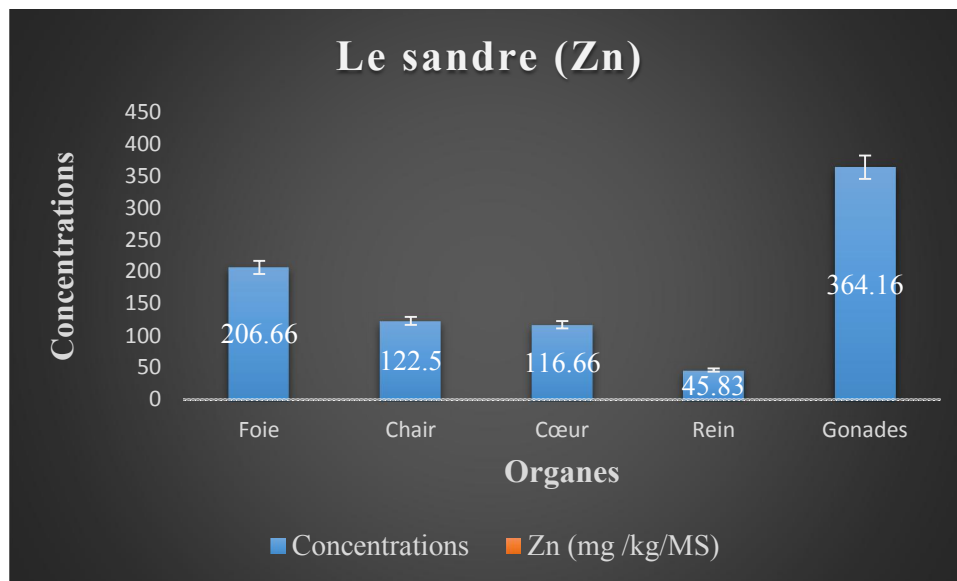


**Figure 14 :** La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

#### 4.2. Pour le sandre

Les résultats obtenus du dosage du zinc montrent des concentrations plus élevées au niveau des gonades (364.16 mg/kg de matière sèche). Il y a une différence de bioaccumulation du zinc dans le sandre, ses organes bio accumulent différemment le zinc (tableau, voir annexe). Cependant, nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations par ordre décroissant :

**Gonades > Foie > Chair > Cœur > Rein**

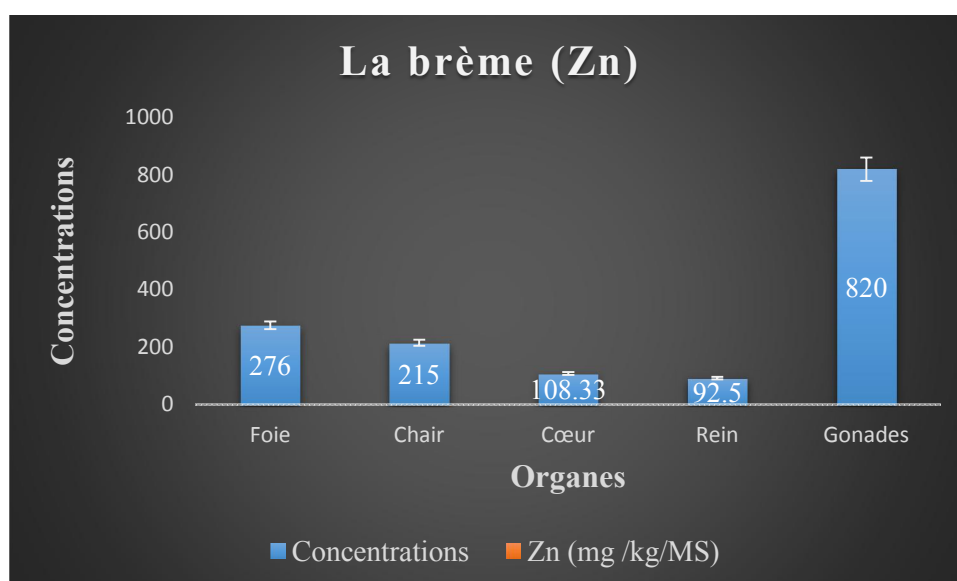


**Figure 15 :** La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

#### 4.3. Pour la brème

Tout comme chez le sandre, les résultats obtenus du dosage du zinc montrent des concentrations les plus élevées au niveau des gonades (820 mg/kg de matière sèche). Les organes de la brème bio accumulent différemment le zinc (tableau, voir annexe). Nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations par ordre décroissant :

**Gonades > Foie > Chair > Cœur > Rein**



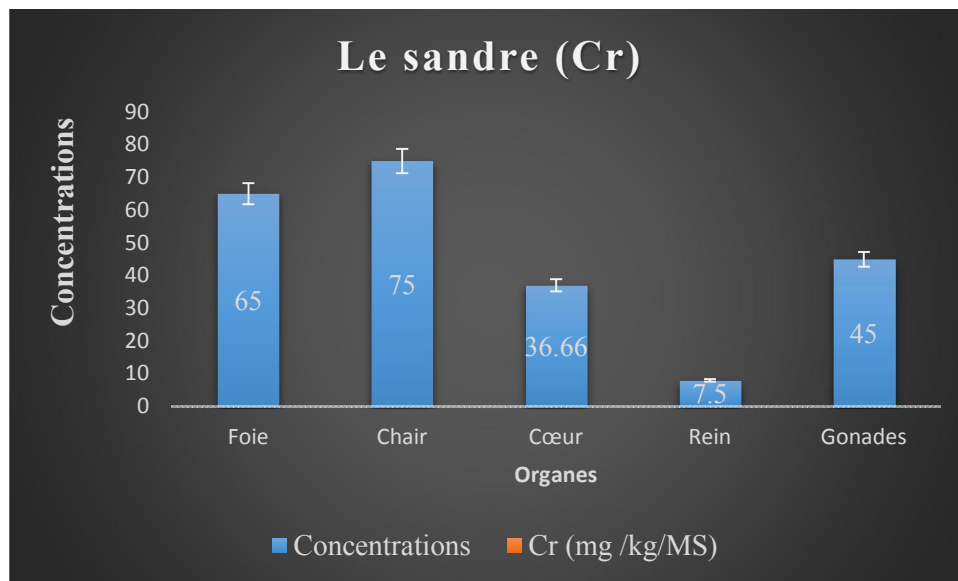
**Figure 16 :** La variation des concentrations du cadmium dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

## 5. Dosage du chrome

### 5.1. Pour le sandre

Les résultats obtenus du dosage du chrome montrent des concentrations plus élevées au niveau de la chair (75 mg/kg de matière sèche). Nous pouvons constater que les organes du sandre bioaccumulent différemment le chrome (tableau, voir annexe). Cependant, nous avons classé les organes en fonction de leurs concentrations par ordre décroissant :

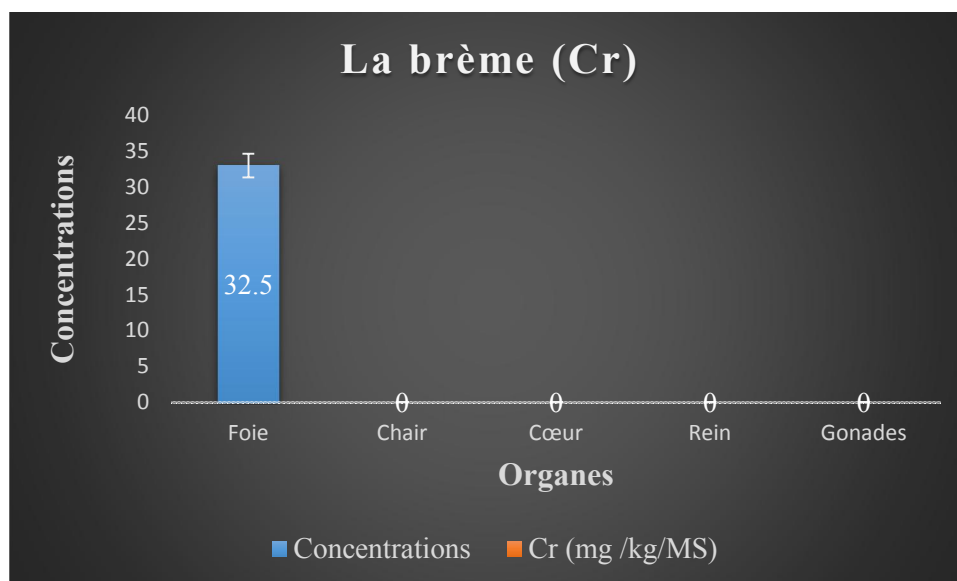
**Chair > Foie > Gonades > Cœur > Rein**



**Figure 17** : La variation des concentrations du chrome dans les organes du sandre (mg/kg) en ppm

### 5.2. Pour la brème

Chez la brème les concentrations du chrome sont décelées uniquement au niveau du foie (32.5 mg/kg de matière sèche) et au niveau des autres organes les concentrations du chrome sont nulles ou non-bioaccumulées. Seul le foie de la brème bioaccumule le chrome (tableau, voir annexe).



**Figure 18 :** La variation des concentrations du chrome dans les organes de la brème (mg/kg) en ppm

### 5.3. Pour le barbeau

Cependant, chez le barbeau comme dans certains organes de la brème les concentrations du chrome sont nulles ou non-bioaccumulées par l'espèce.

## II. Analyse descriptive des résultats

Pour la construction des courbes et graphiques, nous avons utilisé le logiciel Excel 2013, et pour l'analyse statistique nous avons utilisé le logiciel Excel STAT ANOVA à deux facteurs (espèces et organes) et pour plus de clarté dans l'élaboration de nos résultats nous avons calculé les différentes concentrations moyennes (+/- écart type) de ces métaux lourds (tab 04). La différence est considérée comme significative lorsque  $p < 0,05$ .

**Tableau 04 :** Statistiques descriptives des données quantitatives des différents métaux

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
<b>Fer</b>	12.50	797.50	352.38	252.45
<b>Cuivre</b>	0.00	274.16	50.49	75.58
<b>Cadmium</b>	0.83	13.33	5.33	3.65
<b>Chrome</b>	0.00	75	17.44	26.41
<b>Zinc</b>	45.83	820	304.38	224.28

On constate dans le tableau 04 que les valeurs moyennes des teneurs en Fe et en Zn sont les élevées respectivement (352.5 +/- 252.45 mg/kg et 304 +/- 224.28 mg/kg). Ceci reflète la contamination par les eaux usées d'origine urbaine et industrielle. Ces polluants métalliques ont comme principale origine l'agriculture pratiqué au environ et l'usine de fabrication de briques de Bordj-Sabath installée sur les berges du site. Cependant la teneur en Cd reste la valeur moyenne la plus faible (5.33 +/- 3.65 mg/kg).

Le test ANOVA n'enregistre aucune différence significative entre les trois espèces et aussi aucune autre différence significative au niveau leurs organes ( $P > 0.05$ ) par le fer, le cuivre, le cadmium et le zinc. La seule différence significative entre les trois espèces a été enregistrée par le métal du chrome ( $P < 0.05$ ) et par contre aucune différence significative au niveau leurs organes ( $P > 0.05$ ).

#### Pour le Fer

Dans cette présente étude nous remarquons que la concentration du fer est bien plus importante que le reste des métaux traces.

L'abondance du fer dans les organes de ces trois espèces indique que le milieu est influencé des rejets hydriques urbains et industriels, qui se font cheminer vers le barrage et s'y concentrent pendant une longue période sur le site. Cette pollution métallique pourrait expliquer les hautes concentrations en fer que nous avons enregistrées. Ces concentrations dépassent les normes canadiennes en vigueur (Fe = 200 µg/g) au niveau de la chair, des gonades, du rein et du foie. Nous avons révélé une contamination par le Fe au niveau du foie, du cœur et du rein chez le barbeau ; cependant chez le sandre la contamination s'est révélée au niveau du foie et du cœur et chez la brème tous les organes sont contaminés à l'exception de la chair.

#### Pour le cuivre

De même, la FAO n'a pas fixé des réglementations pour les concentrations du Cu dans les organes des poissons (Papagiannis et al., 2004). Cependant, en comparant les concentrations du Cu par rapport aux normes canadiennes (Cu: 100 µg/g) rapportées par (Papagiannis et al. 2004), cependant seul le barbeau est la seule espèce contaminée par le Cu dans le barrage. En outre les dosages ont révélé une contamination du barbeau par le cuivre au niveau du foie, du cœur et du rein.

Pour le zinc

Les résultats obtenus du dosage du Zn ont montré une concentration importante chez les trois espèces de poissons. Les valeurs des concentrations de Zn les plus élevées sont enregistrées chez la brème au niveau des gonades et au niveau du foie chez le barbeau respectivement (820 mg/kg de matière sèche) et (582.5 mg/kg de matière sèche).

L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) n'a pas fixé des réglementations pour les concentrations du Zn dans les différents organes des poissons (Papagionnis et al., 2004). Cependant, en tenant compte des normes canadiennes (Zn : 100 µg/g) et/ou les normes australiennes (Zn : 150 µg/g), nous pouvons signaler une contamination par le Zn de tous les organes du barbeau. La contamination est aussi observée au niveau des gonades, de la chair et du foie chez le sandre et la brème. Ceci en accord avec les études menées par (Wong et al. 2001), (Papagionnis et al. 2004) et (Qiao-qiao et al., 2007) qui ont révélé des teneurs en Zn et en Fe assez élevées au niveau des gonades.

Nos résultats obtenus suggèrent que le barrage d'Hammam Bouhamdene est affecté par une pollution métallique sous l'effet d'intenses activités agricoles, domestiques et l'installation de la briqueterie de Bordj-Sabath (industrielles).

Les teneurs en cadmium et en chrome dans les échantillons de poissons analysés sont inférieures aux valeurs seuils dans les différents organes des espèces étudiées. Cependant chez ces trois espèces, les concentrations les plus élevées en Cd et en Cr sont décelées au niveau du foie, du rein et des gonades.

La bioaccumulation des métaux traces varie énormément en fonction des organes et des espèces. Comme rapportés par divers auteurs (Topcuoglu et al., 2002 ; Canli et Atli, 2003 ; Mendil et Uluozlu, 2007 ; Turkmen et al., 2008 ; Uysal et al., 2008), différents paramètres sont impliqués dans le processus de contamination et l'assimilation des métaux traces parmi ceux-ci:

- ❖ les paramètres physico-chimiques des biotopes (colonne d'eau, sédiments),
- ❖ les espèces étudiées et leurs propriétés structurales et fonctionnelles des êtres vivants depuis la base cellulaire jusqu'aux niveaux supérieurs (chaînes et réseaux trophiques),
- ❖ la durée d'exposition des spécimens.

Nous avons trouvé que la fixation la plus importante des métaux traces essentiels se fait au niveau du foie surtout pour le cuivre. Ceci est en concordance avec les constatations de plusieurs auteurs (Flatou et al. 1983 ; 1985 et Fernandes et al, 2007). En effet, le foie est l'organe principal de synthèse des metallothionéines qui sont des molécules de faible poids moléculaire (6 à 7 kDa). Ces molécules sont exceptionnellement riches en cystéines et en métaux et totalement dépourvues d'acides aminés aromatiques et d'histidine (Palmiter et al., 1992 ; Kameo et al., 2005).

En temps normal, les metallothionéines existent à faible concentration dans les cellules. Il a été démontré qu'à la suite d'une exposition à des doses sublétales de certains métaux tels que le cadmium, le cuivre, le mercure, le zinc, ou l'argent, on assiste à une induction de la synthèse de thionine et liaison de l'apoprotéine au métal pour former une metallothionéine (Flatou et al., 1983 ; 1985).

Les metallothionéines se trouvent également au niveau des reins. La fonction première de ces molécules est de réguler les concentrations intracellulaires de certains métaux essentiels à l'organisme, tels que le cuivre et le zinc, en les séquestrant afin d'éviter leur circulation à l'état libre dans les tissus et leur fixation sur d'autres protéines vitales (Chang, 1995).

Il est bien établi qu'au début d'une exposition métallique, les poissons accumulent les métaux traces (toxiques ou essentiels) à forte concentration au niveau de leurs branchies (Wong et al., 2001). De ce fait, elles constituent le lieu principal d'échange d'eau et d'ions entre l'organisme et l'environnement (Randall et al., 2000). Les branchies forment une structure comparable à un tamis formé par les arcs branchiaux, les filaments et les lamelles.

Malgré les fortes concentrations en métaux dans les différents organes, les valeurs enregistrées au niveau de la chair sont toujours inférieures aux valeurs seuils. Ceci pourrait être expliqué par le mécanisme de détoxification par les metallothionéines au niveau du foie et des reins des espèces des poissons étudiés. En effet, ces molécules régulent les concentrations des métaux en les séquestrant afin d'éviter leurs fixations sur d'autres protéines vitales et leur passage à d'autres organes (Bauman et al., 1993). Ainsi, nous pouvons déduire que la consommation de la chair de nos trois espèces ne devrait causer aucun problème pour la santé humaine.



# **Conclusion et perspectives**

### Conclusion et perspectives

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à la bioaccumulation des métaux traces (Zn, Cu, Fe, Cd et Cr) dans différents organes ( Chair, foie, gonades, reins et cœur) chez trois espèces de poissons (barbeau, sandre commun et brème commune). L'objectif de ce travail est de faire une estimation des concentrations de ces métaux qui menacent par leur toxicité la santé humaine et l'environnement. Les résultats obtenus serviront à la sensibilisation des consommateurs de ces produits du barrage d'Hammam Debagh pour entreprendre les mesures nécessaires ou soumettre les poissons pêchés à un contrôle au préalable avant leur commercialisation.

L'échantillonnage a été réalisé sur le barrage d'Hammam Debagh, qui connaît une urbanisation accentuée dont l'Oued Bouhamdene le principal affluent qui alimente le barrage avec une installation de briqueterie et d'agriculture polluante sur les terres avoisinantes. Les spécimens de poissons sont disséqués et les organes sont prélevés, séchés, minéralisés puis dosés par spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

Les résultats obtenus ont révélé des contaminations chez les poissons examinés.

Chez le sandre nous avons trouvé des valeurs élevées du fer au niveau de tous les organes et cependant chez le barbeau et la brème les valeurs élevées sont détectés au niveau du foie, des gonades, du cœur et du rein. Nous pouvons également signaler une contamination par le Zn de tous les organes du barbeau excepté la chair et aussi une contamination est observée au niveau des gonades, et du foie chez le sandre et la brème.

Concernant le barbeau, nous avons enregistré des concentrations de cuivre supérieures aux valeurs maximales acceptées au niveau du foie, du cœur et du rein. Par contre chez le sandre et la brème les dosages n'ont révélé aucune contamination au niveau des organes par le cuivre.

Les teneurs en chrome et en cadmium dans les différents organes des poissons étudiés en milieu d'eau douce sont inférieures aux valeurs seuils.

Il est à préciser que les dosages des métaux dans la chair chez les trois espèces de poissons étudiés n'ont pas révélé des valeurs supérieures au seuil accepté.

Ce qui devrait rassurer les consommateurs.

La présence de ces métaux traces dans l'environnement aquatique et par la suite dans le réseau trophique ne cesse de s'aggraver en raison de l'importance des effluents domestiques, agricoles et industriels.

Devant les désastreux impacts de la pollution métallique sur l'environnement et la santé humaine, il est devenu indispensable de mettre au point des procédures fiables et adéquates afin de prévoir, d'évaluer et d'anticiper les risques pour protéger les populations et les milieux et mieux gérer les situations de crises. En outre, il est d'une importance primordiale d'élucider les mécanismes par lesquels les polluants aboutissent à des formes très toxiques.

La biosurveillance et le monitoring de ces polluants métalliques nécessitent des techniques lourdes et coûteuses. Pour cela, il est d'une importance capitale de pousser les recherches d'autres moyens précis et fiables de diagnostic, de prévision et d'évaluation des polluants métalliques. La mise au point de capteurs spécifiques en se basant sur des techniques d'analyses électrochimiques pour la détection et la quantification des ions métalliques dans les échantillons biologiques pourrait apporter des solutions alternatives à ce problème.

# **Références bibliographiques**

## Liste des bibliographies

### A :

**Aïssa P., 1991.** *Les métaux lourds et les poisons. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Biologiques. Faculté des Sciences de Tunis. 230p.*  
*Annuaire hydrologique, 1993. Agence Nationale Des Ressources Hydraulique (ANRH). 260 pp.*

### B :

**Bauman J.W., Liu J. & Klassen C., 1993.** *Production of metallithioneins and heat shock proteins in response to metals. Fundamental and Applied Toxicology. 21, 15-22.*  
**Beyrem H., Mahmoudi E., Essid N., Hedfi A., Boufahja F., Aïssa P., 2007.** *Individual and combined effects of cadmium and diesel on a nematode community in a laboratory microcosm experiment. Ecotoxicology and Environmental Safety, 68 (3): 412-418.*

**Boudou A., 1982.** *Recherches en écotoxicologie expérimentale sur le processus de Bioaccumulation et de transfert des dérivés du mercure. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bordeaux 1 : 297p.*

**Bouguerne, A., 2001.** *Etude comparative par analyse hydrologique et hydrochimique des eaux de surface des bassins versants de oued Boussalem et oued Rhumel, Mémoire de Magister, Univ. Batna. 148 pp.*

**Bruslé, M., et Quignard, J.P., 2001.** *Biologie des poisons d'eau douce européens. 1<sup>ère</sup> édition, Editions TEC & DOC, Paris, France.*

### C :

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

**Casas S., Gonzalez JL., Andral B. & Cossa D., 2008.** *Relation between Metal Concentration in Water and Metal Content of Marine Mussels: Impact of Physiology. Environ. Toxicol. Chem. 8: 1.*

**Chang K.M., 1995.** *Metallothionein: Potentiel biomarker for monitoring heavy metal*

*Pollution in fish around Hong Kong. Marine Pollution Bulletin, 4 (12): 411-415.*

**Campbell P.G.C., Errécalde O., Fortin C., Hiriart-Baer V.P. & Vigneault B., 2002.**  
*Metal bioavailability to phytoplankton-applicability of the biotic ligand model.*  
*Comparative Biochemistry and Physiology Part C 133: 189-206.*

**Choutou C., 2004.** *Développement d'un biocapteur conductimétrique-bi-enzymatique à cellules algales. Institut National des Sciences Appliqués de Lyon. p175.*

**CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, 2003.**

**Canli, M. & Atli G., 2003.** *The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution. 121 (1) : 129-136.*

**Chang K.M., 1995.** *Metallothionein: Potentiel biomarker for monitoring heavy metal Pollution in fish around Hong Kong. Marine Pollution Bulletin, 4 (12): 411-415.*

**D :**

**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. Lille: Université des Sciences et Techniques de Lille.*

**F:**

**Förstner U., 1987.** *Sediment-Associated Contaminants- An overview of Scientific Bases for Developing Remedial Options. Hydrobiologia 149: 221-246.*

**Flatau G.N., Revillon P., Aubert M., Aubert J. & Clement R., 1983.** *Répartition du Mercure, cadmium, plomb et cuivre dans les sédiments superficiels de la baie de Nice (France). Journ. Etud. Pollut. CIESM, 6 : 373-376.*

**Fischer, W., & Hureau, J. C. (1987).** *Fiches FAO d'identification des esp ? Ces pour les besoins de la p ? Che : Oc ? An Austral (zone de la convention CCAMLR) (zones de p ? che 48, 58 et 88) Vol. 1 :((FAO identification keys for use in fisheries. Austral Ocean (CCAMLR Convention Zone) (fishery zones 48, 58 and 88). Vol. 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations.*

**Fernandes, C., Fontainhas-Fernandes A., Peixoto F. & Salgado M.A., 2007.**  
*Bioaccumulation of heavy metals in Liza saliens from the Esmoriz-Paramos coastal Lagoon, Portugal. Ecotoxicology and Environmental Safety. 66 (3): 426-431.*

## **G:**

**Gorell, J.M., Johnson, C.C. & Rybicki, B.A., 1999.** *Occupational exposure to Manganese, copper, lead, iron, mercury, zinc, and the risk of Parkinson's disease. Neurotoxicology, 20 (2-3):239-247.*

**Goubier, J. (1976).** *Lucioperca lucioperca*

**Goldstein, I. M., Cerqueira, M. A. N. U. E. L., Lind, S. T. U. A. R. T., & Kaplan, H. B., (1977).** *Evidence that the superoxide-generating system of human leukocytes is associated with the cell surface. Journal of Clinical Investigation, 59(2), 249.*

## **J:**

**Terheyden, H., Jepsen, S., Möller, B., Tucker, M. M., & Rueger, D. C., (1999).** Sinus floor augmentation with simultaneous placement of dental implants using a combination of deproteinized bone xenografts and recombinant human osteogenic protein-1. A histometric study in miniature pigs. *Clinical Oral Implants Research, 10(6), 510-521.*

## **K:**

**Kameo S., Nakai k., Kurokawa N., Kanehisa T., Naganuma A. & Satoh H., 2005.** *Metal components analysis of metallothionein-III in brain sections of metallothionein-Metallothionein-II and I null mice exposed to mercury vapor with HPLC/ICP-MS, Anal. Bioanal. Chem. 381: 1514-1519.*

**Kohama, T., Olivera, A., Edsall, L., Nagiec, M. M., Dickson, R., & Spiegel, S., (1998).** *Molecular cloning and functional characterization of murine sphingosine kinase. Journal of Biological Chemistry, 273(37), 23722-23728.*

## **L:**

**Linnaeus., 1758 in Lasserre G., 1976.** *Dynamique des populations ichthyologiques Lagunaires, application à Sparus aurata L. Thèse Sci. : Univ. Des Sciences et Techniques du Languedoc. 299 p.*

## **M :**

**Miquel., M.** (2001)- *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Dir) .Rapport Sénat n°261 : 360.*

**Musy A., & Higy C.,** (2004). *Hydrologie : une science de la nature. Presses Polytechniques et Universitaires romandes. Italie. 314p.*

**Mansouri Z.,** 2009 : *Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'oued Bouhamdene (Nord-Est Algérien). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar d'Annaba. 118p.*

**Mendil D., & Uluozlu O.D.,** 2007. *Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey. Food Chemistry, 101 (2): 739-745.*

**Mekaoussi N.,** 2014. *Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surfaces de Hammam Debagh (EST ALGERIEN). Mémoire de magister. Hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna.*

**Harvey, A. L., & Marshall, I. G.,** (1977). *The facilitatory actions of aminopyridines and tetraethyl ammonium on neuromuscular transmission and muscle contractility in avian muscle. Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology, 299(1), 53-60*

**N:**

**Neff J. M.,** 2002. *Bioaccumulation in Marine Organisms: Effect of contaminants from Oil well produced water, Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 452p.*

**O:**

**OMS.,** 1984. *Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organization, Geneva, Vol.1 130 p., Vol.2 335 p., Vol.3 121 p.*

**O'Neill H.J., Mckim M., Allen J. & Choate J.,** 1994. *Surveillance de la qualité des eaux de surface, Guide, Environnement Canada, 170p.*

**P:**

**Phillips, D.J.H. et Rainbow P.S.,** (1994) - *Bio monitoring of trace aquatic contaminants, Aldenn Press Ltd, Oxford.*

**Point D.,** 2000. *Préconcentration des éléments en traces et séparation de leurs matrices dans les eaux estuarières. , D.E.A., Univ. Paris Sud., 27p.*



**Poprawa M.D. & Kapusta K.S., 2004.** *Histopathological changes in the liver, kidneys, and testes of bank voles environmentally exposed to heavy metal emissions from the steel works and zinc smelter in Poland.* Environ. Res. **96**: 72 – 78.

**Palmiter R.D., Findley S.D., Whitmore T.E. & Durnam D.M., 1992.** *MT-III, a brain Specific member of the metallothionein gene family, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **89**. 6333-6337.

**Pinta, M., (1979)-Spectrophotométrie d’Absorption Atomique.** *Application a l’analyse chimique. Tome1, 2-eme édition Masson O. R. T.O.M.France.*

**R:**

**Ramade F., 1997.** *Ecotoxicologie. Masson, Paris, 205 p.*

**Randall D., Eddy B. & MacKinlay D., 2000.** *Ion transfer across fish gills. International Congress on the Biology of Fish, University of Aberdeen, Scotland.*

**S:**

**Simon O. & Boudou A., 2002.** *Utilisation du modèle écrevisse comme espèce Bio indicatrice de pollution. Application à l’étude des transferts trophiques du Cadmium. Bull. Fr. Pêche Piscic.* **367** : 795-803.

**T:**

**Terhaar C.J., Ewell W. S., Dziuba S. P., Whitet W.W. & Murphyt P. J., 1997.** *A Laboratory model for evaluating the behavior of heavy metals in an aquatic environment. Water Research* **11**: 101-110.

**Topcuoglu S., Kirbasoglu C., & Gungor N., 2002.** *Heavy metals in organisms and Sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. Environment International.* **27** (7) : 521-526.

**Türkmen M., Türkmen A., Tepe Y., Töre Y. & Ates A., 2008.** *Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. Food Chemistry,* **113** (1):233-237.

**U:**

**Uysal K., Emre Y., Köse E., 2008.** *The determination of heavy metal accumulation*

*ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled Plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). Microchemical Journal. 90 (1) : 67-70.*

**W:**

**Wu S.M., Shih M. & Ho Y., 2007.** *Toxicological stress response and cadmium Distribution in hybrid tilapia (Oreochromis sp.) upon cadmium exposure. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 145 (2): 218-226.*

**Wong C.K., Wong P.P. & Chu L.M., 2001.** *Heavy metal concentrations in marine fishes collected from fish culture sites in Hong Kong. Arch Environ Contam Toxicol. 40 (1):60-9.*

# **Annexes**

## ❖ Dosages des métaux

### Dosage du Fer

Les résultats obtenus du dosage du fer pour les trois espèces de poissons sont classés comme suite dans les tableaux suivants :

#### Pour le Barbeau

**Tableau :** les concentrations du fer bioaccumulées dans les organes du barbeau en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Gonades</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>
<b>Concentrations Fe (mg/kg/MS)</b>	<b>487.5</b>	<b>133.33</b>	<b>12.5</b>	<b>650</b>	<b>797.5</b>

#### Pour le sandre

**Tableau :** les concentrations du fer bioaccumulées dans les organes du sandre en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Gonades</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>
<b>Concentrations Fe (mg/kg/MS)</b>	<b>670.83</b>	<b>144.16</b>	<b>136.66</b>	<b>561.66</b>	<b>131.66</b>

#### Pour la Brème

**Tableau :** les concentrations du fer bioaccumulées dans les organes de la brème en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Gonades</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>
<b>Concentrations Fe (mg/kg/MS)</b>	<b>555</b>	<b>220</b>	<b>68.33</b>	<b>340.83</b>	<b>375.83</b>

### Dosage du cuivre

Les résultats obtenus du dosage du zinc pour les trois espèces de poissons sont classés comme suite dans les tableaux suivants :

#### Pour le barbeau

**Tableau :** les concentrations du cuivre bioaccumulées dans les organes du barbeau en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Rein</b>	<b>Chair</b>	<b>Gonades</b>	<b>Foie</b>	<b>Cœur</b>
<b>Concentrations Cu (mg /kg/MS)</b>	<b>274.16</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>137.5</b>	<b>112.5</b>

### Pour le sandre

**Tableau :** les concentrations du cuivre bioaccumulées dans les organes du sandre en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Rein</b>	<b>Chair</b>	<b>Gonades</b>	<b>Foie</b>	<b>Cœur</b>
<b>Concentrations Cu (mg /kg/MS)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>58.33</b>	<b>61.66</b>	<b>0</b>

### Pour la brème

**Tableau :** les concentrations du cuivre bioaccumulées dans les organes de la brème en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Rein</b>	<b>Chair</b>	<b>Gonades</b>	<b>Foie</b>	<b>Cœur</b>
<b>Concentrations Cu (mg /kg/MS)</b>	<b>38.33</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>0</b>

### Dosage du Cadmium

Les résultats obtenus du dosage du zinc pour les trois espèces de poissons sont classés comme suite dans les tableaux suivants :

#### Pour le Barbeau :

**Tableau :** les concentrations du cadmium bioaccumulées dans les organes du barbeau en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Cd (mg /kg/MS)</b>	<b>3.33</b>	<b>2.5</b>	<b>0.83</b>	<b>2.5</b>	<b>4.16</b>

#### Pour le sandre :

**Tableau :** les concentrations du cadmium bioaccumulées dans les organes du sandre en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Cd (mg /kg/MS)</b>	<b>13.33</b>	<b>10.83</b>	<b>1.66</b>	<b>5</b>	<b>6.66</b>

#### Pour la Brème :

**Tableau :** les concentrations du cadmium bioaccumulées dans les organes de la brème en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Cd (mg /kg/MS)</b>	<b>6.66</b>	<b>5.83</b>	<b>7.5</b>	<b>8.33</b>	<b>0.83</b>

### Dosage du Zinc

Les résultats obtenus du dosage du zinc pour les trois espèces de poissons sont classés comme suite dans les tableaux suivants :

#### Pour le barbeau

**Tableau :** les concentrations du zinc bioaccumulées dans les organes du barbeau en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Zn (mg /kg/MS)</b>	<b>582.5</b>	<b>166.66</b>	<b>430.83</b>	<b>479.16</b>	<b>539.16</b>

#### Pour le sandre

**Tableau :** les concentrations du zinc bioaccumulées dans les organes du sandre en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Zn (mg /kg/MS)</b>	<b>206.66</b>	<b>122.5</b>	<b>116.66</b>	<b>45.83</b>	<b>364.16</b>

#### Pour la brème

**Tableau :** les concentrations du zinc bioaccumulées dans les organes de la brème en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Zn (mg /kg/MS)</b>	<b>275.83</b>	<b>215</b>	<b>108.33</b>	<b>92.5</b>	<b>820</b>

### Dosage du chrome

Les résultats obtenus du dosage du zinc pour les trois espèces de poissons sont classés comme suite dans les tableaux suivants :

#### Pour le sandre

**Tableau :** les concentrations du chrome bioaccumulées dans les organes du sandre en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Cr (mg /kg/MS)</b>	<b>65</b>	<b>75</b>	<b>36.66</b>	<b>7.5</b>	<b>45</b>

## Pour la brème

**Tableau :** les concentrations du chrome bioaccumulées dans les organes de la brème en (ppm)

<b>Organes</b>	<b>Foie</b>	<b>Chair</b>	<b>Cœur</b>	<b>Rein</b>	<b>Gonades</b>
<b>Concentrations Cr (mg/kg/MS)</b>	<b>32.5</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>

### ❖ Préparation des solutions d'étalonnage :

$C_1V_1 = C_2V_2$  Avec  $C_1 = 1000$  mg/l de chaque métal ;  $V_1 =$  Inconnu ;  $V_2 = 50$  ml d'eau distille et  $C_2 =$  variable

#### • Solution de Fer

Les concentrations : **2 ; 4 ; 8 ; 16** mg/l

$$C_1V_1 = C_2V_2 \text{ Alors } V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow$$

**Pour  $C_2 = 2$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 2 \times 50 / 1000 = 0.1 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 4$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 4 \times 50 / 1000 = 0.2 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 8$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 8 \times 50 / 1000 = 0.4 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 16$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 16 \times 50 / 1000 = 0.8 \text{ ml}$$

#### • Solution de Cuivre

Les concentrations : **0.1 ; 0.4 ; 0.8 ; 1** mg/l.

**Pour  $C_2 = 0.1$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.1 \times 50 / 1000 = 0.005 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 0.4$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.4 \times 50 / 1000 = 0.02 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 0.8$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.8 \times 50 / 1000 = 0.04 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 1$  mg/l**

$$V_1 = C_2V_2 / C_1 \Leftrightarrow 1 \times 50 / 1000 = 0.05 \text{ ml}$$

- **Solution de Zinc**

Les concentrations : **0.2 ; 0.4 ; 0.8 ; 1** mg/l.

**Pour  $C_2 = 0.2$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.2 \times 50 / 1000 = 0.01 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 0.4$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.4 \times 50 / 1000 = 0.02 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 0.8$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.8 \times 50 / 1000 = 0.04 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 1$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 1 \times 50 / 1000 = 0.05 \text{ ml}$$

- **Solution de Chrome**

Les concentrations : **0.8 ; 1.2 ; 1.4 ; 1.8** mg/l.

**Pour  $C_2 = 0.8$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.8 \times 50 / 1000 = 0.04 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 1.2$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 1.2 \times 50 / 1000 = 0.06 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 1.4$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 1.4 \times 50 / 1000 = 0.07 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 1.8$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 1.8 \times 50 / 1000 = 0.09 \text{ ml}$$

- **Solution de Cadmium**

Nous avons choisi des concentrations différentes pour le cadmium vu sa limite de détection est très faible par rapport aux autres métaux : **0.005 ; 0.1 ; 0.4** mg/l

**Pour  $C_2 = 0.005$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.005 \times 50 / 1000 = 0.00025 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 0.1$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.1 \times 50 / 1000 = 0.005 \text{ ml}$$

**Pour  $C_2 = 0.4$  mg/l**

$$V_1 = C_2 V_2 / C_1 \Leftrightarrow 0.4 \times 50 / 1000 = 0.02 \text{ ml}$$



❖ **Les poids et les mesures des poissons :**

**Poisson le barbeau**

**Poids :** 760 g

**Mesure :** 35 cm

<b>Les organes (Barbeau)</b>	<b>Poids</b>
Foie	2,287g
Gonade	25,48g
Rein	0,33g
Cœur	0,50g
Chair	19,68g

**Poisson le sandre commun**

**Poids :** 450 g

**Mesure :** 47 cm

<b>Les organes (Sandre)</b>	<b>Poids</b>
Foie	6,52g
Gonade	1,3g
Rein	0,155g
Cœur	1,1g
Chair	12,66g

**Poisson la brème commune**

**Poids :** 422 g

**Mesure :** 33 cm

<b>Les organes</b>	<b>Poids</b>
Foie	0,732g
Gonade	3,819g
Rein	0,453g
Cœur	0,647g
Chair	11,80g

## Résumé

Notre présente étude a portée sur l'évaluation des concentrations des cinq métaux lourds (Zn, Cu, Fe, Cd, Cr) chez le barbeau commun, barbus barbus (Linnaeus, 1758) Sandre commun, sander lucioperca (Linnaeus, 1758) ; la brème commun, abramis brama (Linnaeus, 1758) pêchés dans le barrage d'Hammam Debagh de la ville de Guelma (Est d'Algérie), ces poissons sont beaucoup fréquents dans les eaux douces algériennes et fortement très appréciés par les consommateurs Algériens.

L'échantillonnage mensuel s'est étale à la période de mars 2017. Nous avons travaillé sur cinq organes de chaque espèce à savoir : le foie, les gonades, le cœur, le rein et la chair.

Les concentrations en métaux lourds ont été déterminées par la spectrométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme.

De cette étude, il ressort que : Barbeau commun, Brème commune, Sandre commun renferme les cinq polluants métalliques recherchés à des teneurs différentes, les plus forts sont celles du Zinc, du cuivre, et du fer par contre les plus faibles concentrations sont le cadmium et le chrome.

Les résultats obtenus traités statistiquement par le test ANOVA à deux facteurs (espèces et organes) n'ont enregistré aucune différence significative entre les trois espèces et aussi aucune autre différence significative au niveau leurs organes ( $P > 0.05$ ) par le fer, le cuivre, le cadmium et le zinc. La seule différence significative entre les trois espèces a été enregistrée par le métal du chrome ( $P < 0.05$ ) et par contre aucune différence significative au niveau leurs organes ( $P > 0.05$ ).

Les niveaux de concentrations des métaux traces traduisent une pollution certaine de la zone d'échantillonnages (l'eau de Barrage Hammam Debagh).

**Mots clés :** Barbeau, sandre, brème, métaux lourds, bioaccumulation, concentration, contamination, Hammam Debagh.

## Abstract

Our study focused on the evaluation of the concentrations of the five heavy metals (Zn, Cu, Fe, Cd, Cr) in the common beard, bearded beard (Linnaeus, 1758) Common antelope, sander lucioperca (Linnaeus, 1758); The common bream, abramis brama (Linnaeus, 1758) sins in the dam of Hammam Debagh of the city of Guelma (East of Algeria), these fish are very frequent in Algerian fresh waters and highly appreciated by the Algerian consumers.

The monthly sampling took place in the period of March 2017. We worked on five organs of each species: liver, gonads, heart, kidney and flesh.

Heavy metal concentrations were determined by flame atomic absorption spectrometry (SAA).

From this study it appears that: Common barreau, Common bream, Common pike perch contains the five sought-after metal pollutants at different grades, the strongest being those of Zinc, copper and iron. On the other hand, the lowest concentrations are cadmium And chromium.

Results obtained statistically by the two-factor ANOVA test (species and organs) showed no significant difference between the three species and also no significant difference in their organs ( $P > 0.05$ ) by iron, copper, Cadmium and zinc. The only significant difference between the three species was recorded by the chromium metal ( $P < 0.05$ ) and no significant difference in their organs ( $P > 0.05$ ).

The concentration levels of the trace metals reflect a certain pollution of the sampling zone (the water of Dam Hammam Debagh).

**Key words:** Barbel, pike-perch, bream, heavy metals, bioaccumulation, concentration, contamination, Hammam Debagh.

## المخلص

ركزت دراستنا الحالية على تقييم خمسة تركيزات المعادن الثقيلة (الزنك، النحاس، الحديد، الكاديوم، الكروم) في المشترك بالربو جنس البني جنس البن .  
ساندر المشترك ساندر، وسمك الأبراميس s براما الخطيئة سد همام دباغ، هذه الأسماك كثيرة في المياه الجزائرية ومحل تقدير كبير من قبل المستهلكين الجزائريين.  
انتشر أخذ العينات الشهرية مارس 2017 مدة خمس من كل الأنواع حساب أجهزة: الكبد، الغدد التناسلية، القلب، الكلي لحم.  
تم تحديد تركيزات المعادن الثقيلة بواسطة الامتصاص الذري الطيفي (AAS) لهب.  
من هذه الدراسة يتضح أن: باربو المشترك، سمك الأبراميس، ساندر مشترك يحتوي على خمسة الملوثات المعدنية الشعبية، وأقوى مستويات هي تلك من الزنك والنحاس، والحديد، وتركيزات أقل والكاديوم والكروم  
وتعكس مستويات تركيزات المعادن النزرة في بعض المناطق أخذ العينات التلوث (سد المياه حمام دباغ Debagh).