

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère d'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouhamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj



Faculté des sciences et des technologies

Domaine des sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Mémoire de master

Thème

**Etude et analyses des métaux lourds dans les poissons
et l'eau du barrage d'Ain Zada**



Présenté par :

- MEDDAH Wissam
- SAKHARA Dounia

Encadré par :

Dr. BOUBATRA Mustapha

Promotion : Juillet 2021

Jury de soutenance :

Président: Mekhalif Tahar -MCB – UBBA

Encadreur: Boubatra Mustapha -MCB – UBBA

Examineur: Dilmi Abdelkader - MCB - UBBA

2020-2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements :

Nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce travail.

*Nous adressons aussi notre sincère sentiment de gratitude à notre promoteur le docteur **BOUBATRA Mustapha** qui nous a guidé et orienté durant toute cette période.*

À l'ensemble des enseignants du département des sciences de la matière et plus particulièrement ceux de la filière chimie.

Nous tenons également à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Nous espérons que ce mémoire servira d'exemple et de support pour les années à venir.

Finalement un grand merci à ceux qui ont fait l'honneur de juger ce mémoire.

Dédicace

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail, et je le dédie à :

La mémoire de ma mère, ma meilleure amie ...

La plus forte et courageuse à mes yeux, qui a tout sacrifié pour mon éducation, qui m'a entouré d'amour et d'affection, qui a fait tout pour ma réussite, qui m'a protégé et qui m'a aimé de tout son cœur, je suis là grâce à ces prières et son soutien. J'aurais vraiment voulu que tu sois là car j'ai vraiment fait ça que pour toi maman, Merci infiniment, je t'aimerais toujours...

A mon père, Ma source de motivation, force de d'encouragement qui m'a toujours soutenu, Merci pour tous les sacrifices et vos précieux conseils.

A la mémoire de mes grands-pères et ma grande mère Yamna qui était comme ma deuxième maman, je ne troublerai jamais.

Et ma **grande mère Cherifa** que dieu te garde pour nous

A mes chères sœurs: Meriem, Sarra et Hiba

de m'avoir encouragé, entouré et motivé sans cesse pour devenir meilleure.

A mes frères Didine et Rabah

Merci pour votre disponibilité et votre présence

A mes meilleures amis, **mes neveux et nièces** : Yasmine, Rami, Yacine et Yaqeen

A mon binôme Wissam et à tous mes collègues,

A toutes mes amies et surtout Chourouk, Amani, Jijou, Adela, Siham, Fatima Dyhia et Cookie. Et tous ceux qui sont chers pour moi,

Merci pour votre disponibilité et vos conseils J'espère que je serais à la hauteur de votre espérance.

Dounia

Dédicace

Au nom du dieu clément et miséricordieux et que le salut de dieu soit sur son prophète Mohammed

Je dédie ce modeste travail à :

Mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Ma très chère maman pour son soutien moral, pour l'amour qu'elle m'a porté et pour ses sacrifices,

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

Mes très chères sœurs Fatiha, Fouzia, Kahina, Nawal, Dania et mon très cher frère Ferhat.

Mes très chères amies : Dounia, Asma, Chaima, Kenza, Samia, Ramla,

Et à tous les enseignantes qui ont contribué à ma formation, qu'ils veuillent trouver ici, l'expression de ma profonde gratitude.

Wissam

Résumé

Le principal objectif de ce mémoire est l'étude de la pollution par les métaux lourds dans les eaux du barrage d'Ain Zada. Les poissons qui vivent dans ce barrage ont été pris aussi comme indicateur de pollution par les métaux lourds en raison, soit de leur toxicité directe sur les organismes soit des phénomènes de transfert à travers les différents niveaux trophiques. Aussi pour la réalisation de cette étude de contrôle de la contamination de l'environnement aquatique par quelques métaux, les matrices d'étude choisies sont les poissons et l'eau de barrage de Ain Zada.

Les poissons sont largement considérés comme de bons indicateurs de la contamination du milieu aquatique dans lequel ils vivent, puisqu'ils possèdent la propriété d'accumuler les contaminations présentes dans ce milieu jusqu'à atteindre avec lui. Ce phénomène de bioaccumulation est à l'origine d'un facteur de concentration entre le milieu et l'organisme.

Les poissons qui filtrent en continu l'eau de barrage pour se nourrir et respirer concentrent des quantités énormes d'éléments traces si l'eau est polluée. Par contre, elle "relargue" ces éléments si elle se trouve dans une eau propre. Cette biologie particulière désigne cet organisme comme un témoin irréfutable de la pollution aquatique au même titre que certains organismes planctoniques de barrage. Les métaux présents dans les eaux peuvent être libérés, se déplacer dans la chaîne alimentaire et contaminer les poissons.

Il est important de mentionner les interactions existantes entre les deux matrices et les métaux lourds. Les métaux recherchés sont au nombre de six dont trois, sont essentiels à la vie aquatique, seulement à l'état de trace: Zn, Cu, Co et les trois autres sont toxiques Pb, Cd,

Les micropolluants métalliques ont été analysés par une technique très moderne et très précise c'est la technique de spectroscopie d'absorption atomique. Les métaux analysés ont été choisis selon la disponibilité des lampes à cathodes creuses pour la technique SAA et selon la possibilité d'existence de ces métaux dans les eaux du barrage. L'évaluation de la pollution par les métaux lourds a été faite en utilisant les deux matrices, qui sont l'eau et les poissons.

Les résultats des analyses obtenues sur les eaux et sur les poissons montrent que les eaux du barrage sont loin d'être contaminées par les métaux lourds. Ceci a été confirmé par les résultats des analyses effectuées sur la chair des poissons étudiés et on peut dire que les eaux du barrage ainsi que les poissons sont conformes en termes de métaux lourds.

Mots clés : métaux lourds, pollution eau du barrage, poisson. spectroscopie d'absorption atomique

Abstract

The main objective of this dissertation is the study of heavy metal pollution in the waters of the Ain Zada dam. The fish that live in this dam were also taken as an indicator of pollution by heavy metals due to their direct toxicity either to organisms or to transfer phenomena through the different trophic levels. Also for the realization of this study of control of the contamination of the aquatic environment by some metals, the study matrices chosen are the fish and the dam water of Ain zada.

Fish are widely considered to be good indicators of the contamination of the aquatic environment in which they live, since they have the property of accumulating the contaminations present in this environment until they reach with it. This phenomenon of bioaccumulation is at the origin of a concentration factor between the medium and the organism.

Fish that continuously filter dam water for food and breathe concentrate huge amounts of trace elements if the water is polluted. On the other hand, it "releases" these elements if it is in clean water. This particular biology designates this organism as an irrefutable witness of aquatic pollution in the same way as certain planktonic dam organisms. Metals in water can be released, move through the food chain and contaminate fish.

It is important to mention the interactions existing between the two matrices and the heavy metals. The metals sought are six, three of which are essential to aquatic life, only in trace amounts: Zn, Cu, Co and the other three are toxic Pb, Cd.

The metallic micropollutants have been analyzed by a very modern and very precise technique, the atomic absorption spectroscopy technique. The metals analyzed were chosen according to the availability of hollow cathode lamps for the SAA technique and according to the possibility of the existence of these metals in the water of the dam. The heavy metal pollution assessment was using the two matrices, which are water and fish.

The results of the analyzes obtained on the water and on the fish show that the water of the dam is far from being contaminated by heavy metals. This was confirmed by the results of the analyzes carried out on the chair of the fish studied and it can be said that the waters of the dam as well as the fish are compliant in terms of heavy metals.

Keywords: heavy metals, dam water pollution, fish. atomic absorption spectroscopy

الملخص

الهدف الرئيسي من هذه العمل هو دراسة التلوث بالمعادن الثقيلة في مياه سد عين زاده. كما تم أخذ الأسماك التي تعيش في هذا السد كمؤشر على التلوث بالمعادن الثقيلة إما بسبب سميتها المباشرة للكائنات الحية أو لنقل الظواهر من خلال المستويات الغذائية المختلفة. أيضا من أجل تحقيق هذه الدراسة للتحكم في تلوث البيئة المائية ببعض المعادن، فإن مصفوفات الدراسة المختارة هي الأسماك ومياه سد عين زاده.

تعتبر الأسماك أحد أهم المؤشرات الدالة على تلوث البيئة المائية التي تعيش فيها، حيث أنها تمتلك خاصية تراكم الملوثات الموجودة في هذه البيئة حتى تصل معها. تنشأ ظاهرة التراكم الأحيائي هذه في أصل عامل التركيز بين الوسيط والكائن الحي. الأسماك التي ترشح مياه السدود باستمرار لغذائها ولتنفسها تركز كميات هائلة من العناصر النزرة إذا كانت المياه ملوثة. من ناحية أخرى، فإنها "تطلق" هذه العناصر إذا كانت في مياه نظيفة. تحدد هذه البيولوجيا الخاصة بهذا الكائن الحي كمشاهد لا يمكن دحضه على التلوث المائي بنفس الطريقة مثل بعض كائنات السدود العوالق. وبهذا يمكن إطلاق المعادن في الماء، وتتحرك عبر السلسلة الغذائية وتلوث الأسماك.

من المهم ذكر التفاعلات الموجودة بين المصفوفتين والمعادن الثقيلة. المعادن المطلوبة ستة، ثلاثة منها ضرورية للحياة المائية، فقط بكميات ضئيلة: Zn، Cu، Co والثلاثة الأخرى سامة وهي Cd، Pb.

تم تحليل الملوثات المعدنية الدقيقة بواسطة تقنية حديثة ودقيقة للغاية، وهي تقنية مطيافية الامتصاص الذري. تم اختيار المعادن التي تم تحليلها وفقاً لتوافر مصابيح الكاثود المجوفة لتقنية SAA وفقاً لإمكانية وجود هذه المعادن في مياه السد. تم تقييم التلوث بالمعادن الثقيلة باستخدام مؤشرين، وهما الماء والأسماك.

تظهر نتائج التحليلات التي تم الحصول عليها على الماء والأسماك أن مياه السد بعيدة كل البعد عن التلوث بالمعادن الثقيلة. تم تأكيد ذلك من خلال نتائج التحليلات التي أجريت على جلد الأسماك المدروسة ويمكن القول بأن مياه السد وكذلك الأسماك متوافقة من حيث المعادن الثقيلة.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، تلوث مياه السدود، الأسماك. مطيافية الامتصاص الذري

Table des matières

<i>Tables des matières</i>	
<i>Listes des abréviations</i>	
<i>Introduction générale</i>	<i>i</i>

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

<i>I.1. Introduction</i>	<i>4</i>
<i>I.2. Recherche Bibliographique</i>	<i>4</i>
<i>I.2.1. Généralité sur les métaux lourds</i>	<i>4</i>
<i>I.2.2. Origine des métaux lourds</i>	<i>5</i>
<i>I.2.3. Caractéristiques et classification des métaux lourds étudiés : Cu, Cd, Zn, Pb et Co: ..</i>	<i>7</i>
<i>A- Le Cuivre</i>	<i>7</i>
<i>B- Le Cadmium</i>	<i>8</i>
<i>C- Le Zinc</i>	<i>9</i>
<i>D- Le plomb</i>	<i>10</i>
<i>E- Le Cobalt</i>	<i>11</i>
<i>I.2.4. Propriétés physico-chimiques des métaux lourds</i>	<i>11</i>
<i>I.2.5. La contamination et effets des métaux lourds</i>	<i>12</i>
<i>I.2.5.1. La contamination de l'environnement</i>	<i>12</i>
<i>I.2.5.2. Les sources de contamination</i>	<i>14</i>
<i>I.2.5.3. La contamination métallique des poissons</i>	<i>15</i>
<i>I.2.5.4. Définitions des termes relatifs à la contamination</i>	<i>16</i>
<i>I.2.6. Pénétration et devenir des métaux chez le poisson</i>	<i>16</i>
<i>I.2.7. La toxicité des métaux lourds</i>	<i>17</i>

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

<i>II.1. Situation géographique du barrage</i>	<i>20</i>
<i>II.2. Les caractéristiques techniques du barrage</i>	<i>20</i>
<i>II.3. Equipements de barrage</i>	<i>22</i>
<i>A- Evacuateur de crue</i>	<i>22</i>
<i>B- La digue</i>	<i>22</i>
<i>C- Tour de prise</i>	<i>23</i>
<i>D- Ouvrages des prises d'eau et de vidange de fond</i>	<i>23</i>
<i>II.4. Situation géographique et topographique du barrage d'Ain Zada</i>	<i>25</i>
<i>II.5. Les poissons</i>	<i>25</i>

<i>A-Les poissons d'eau douce</i>	25
<i>B-L'empoisonnement de barrage de Ain zada</i>	27
<i>C-Les poissons étudiés</i>	30
II.6. Procédés de traitement des eaux potables	32
II.7. Présentation de la station de traitement d'AIN ZADA	32
II.8. Conclusion :	34

CHAPITRE III: MATERIELS ET METHODES

III.1. Introduction	36
III.2. Stations de prélèvement	36
III.3. Le travail pratique réalisé	36
III.3.1. Matériel de laboratoire	36
III.3.2. Réactifs :	37
III. 3.3. Préparation des échantillons	37
✓ le protocole d'analyse: pour l'eau	38
✓ Le protocole d'analyse : pour les poissons	41
III.3.4. Préparation des solutions étalons	41
III.3.4.1. Préparation des standards	41
III.4. L'analyse des ETM par SAA	41
III.5. Généralité sur la spectroscopie d'adsorption atomique	42
III.5.1. Introduction à la technique	42
III.5.2. Définition	42
III.5.3. Principe de fonctionnement	43
III .6. Caractéristiques de spectrométrie d'absorption atomique	44
III.6.1. Sensibilité et limites de détection en SAA	44
III.6.2. Appareillage	45
III.7. Les courbes d'étalonnages	46
a. Courbe d'étalonnage de Cuivre (Cu)	46
b. Courbe d'étalonnage de Cobalt (Co)	47
c. Courbe d'étalonnage de Zinc (Zn)	47
d. Courbe d'étalonnage de Cadmium (Cd)	48
e. Courbe d'étalonnage de Plomb (Pb)	49

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Introduction	51
IV.2. Résultats des analyses de barrage	51
IV.2.1. Résultats des Analyses physico-chimiques	51

• <i>Mesure de la température</i>	51
• <i>Mesure du pH</i>	51
• <i>Mesure de la conductivité électrique</i>	51
<i>IV.3. Etude des concentrations en métaux lourds dans l'eau de barrage d'Ain Zada</i>	52
<i>A- Le Cuivre</i>	53
<i>B- Le Cobalt</i>	54
<i>C- Le Plomb</i>	55
<i>D- Le Zinc</i>	56
<i>E- Le Cadmium</i>	57
<i>IV.4. Etude des concentrations en métaux lourds dans l'eau de barrage d'Ain Zada :</i> <i>Interprétation des poissons :</i>	58
<i>A- Le Cuivre</i>	58
<i>B- Le Cobalt</i>	59
<i>C- Le Zinc</i>	60
<i>D- Le Cadmium :</i>	61
<i>E- Le Plomb</i>	62
<i>IV.5. Conclusion</i>	63
<i>Conclusion générale</i>	65
<i>Annexes</i>	67

Liste des figures

N° et titre de figure	Page
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
Figure I.1: Tableau périodique des éléments	5
Figure I.2 : Le cuivre à l'état naturel	7
Figure I.3 : Le Cadmium à l'état naturel	8
Figure I.4 : Zinc à l'état naturel	9
Figure I.5 : Plomb à l'état naturel	10
Figure I.6 : Le cobalt à l'état naturel	11
CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE	
Figure II.1 : Barrage de Ain Zada Wilaya de Bordj Bou-Argeridj (Algérie) (photo Satellitaire) (2017)	20
Figure II.2. : La digue de barrage de Ain Zada	22
Figure II.3 : La tour de prise de barrage (2021)	23
Figure II.4. Les points de prélèvement des échantillons	24
Figure II.5. Les composantes de la chaire de poisson	26
Figure II.6. Cyprinus carpio	28
Figure II.7. Cténopliaryngodon idella	29
Figure II.8. Aristichthys nobilis	29
Figure II.9. La Grande bouche	30
Figure II.10. La carpe commune	31
Figure II.11. Carpe Argenté (Biskra)	31
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES	
Figure III.1. La préparation des échantillons	37
Figure III.2. Échantillonnage et étiquetage	38
Figure III.3. Dissolution des échantillons dans l'acide nitrique	39
Figure III.4 Le minéralisateur utilisé	40
Figure III.5 Les échantillons préparés	40
Figure III.6. L'analyse des ETM par SAA par la technique de la flamme	42
Figure III.7. Deux situations différentes avec la même sensibilité et des limites de détection différentes. Il est clair que dans le cas B, on peut distinguer de plus petites variations d'absorbance que dans le cas A où le signal est plus bruité	44
Figure III.8. Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique	45
Figure III.9. Cathode creuse : source pour la spectrométrie d'absorption atomique	45

Liste des tableaux :

<i>N° et titre de tableau</i>	<i>Page</i>
<i>CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
Tableau I.1. Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement	6
Tableau I.2. Les propriétés physico-chimiques des métaux lourds	12
Tableau I.3. Effets des métaux sur l'environnement	14
Tableau I.4. les valeurs limites maximales de rejets industrielles, chargés en métaux	17
Tableau I.5. Effets de certains métaux lourds sur la santé	18
<i>CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE</i>	
Tableau II.1. Les caractéristiques techniques du barrage Ain-Zada	21
Tableau II.2. Les principales espèces de cyprinidés faisant l'objet d'élevage et régime alimentaire dominant des adultes	27
Tableau II.3. Série d'empoisonnement des espèces	27
<i>CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES</i>	
Tableau III.1. Concentration de différentes solutions standards	41
Tableau III.2. Caractéristiques de spectrométrie d'absorption atomique	44
Tableau III.3. Concentration et absorbance du Cu dans la solution étalon	46
Tableau III.4. Concentration et absorbance du Cobalt dans la solution étalon	47
Tableau III.5. Concentration et absorbance du Pb dans la solution étalon	48
Tableau III.6. Concentration et absorbance du Cd dans la solution étalon	48
Tableau III.7. Concentration et absorbance du Pb dans la solution étalon	49
<i>CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS</i>	
Tableau IV.1. Résultats de mesure du pH, T° et la conductivité	52
Tableau IV.2. Limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Taux en métaux lourds)	52
Tableau IV.3. Concentrations en Cuivre dans l'eau de barrage d'Ain Zada	53
Tableau IV.4. Concentrations en Cobalt dans l'eau de barrage d'Ain Zada	54
Tableau IV.5. Concentrations en Plomb dans l'eau de barrage d'Ain Zada	55
Tableau IV.6. Concentrations en Zinc dans l'eau de barrage d'Ain Zada	56
Tableau IV.7. Concentrations en Cadmium dans l'eau de barrage d'Ain Zada	57

Tableau IV.8. Concentrations en Cuivre dans les poissons de barrage d'Ain Zada	58
Tableau IV.9. Concentrations en cobalt dans les poissons de barrage d'Ain Zada	59
Tableau IV.10. Concentrations en zinc dans les poissons de barrage d'Ain Zada Tableau	60
Tableau IV.11. Concentrations en Cadmium dans les poissons de barrage d'Ain Zada	61
Tableau IV.12. Concentrations en Plomb dans les poissons de barrage d'Ain Zada	62

Liste des graphes :

<i>N° et titre de graphe</i>	<i>Page</i>
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES	
<i>Courbe III.1. Courbe d'étalonnage du cuivre</i>	46
<i>Courbe III.2. Courbe d'étalonnage du cobalt</i>	47
<i>Courbe III.3. Courbe d'étalonnage du zinc</i>	48
<i>Courbe III.4. : Courbe d'étalonnage du cadmium</i>	48
<i>Courbe III.5. Courbe d'étalonnage du plomb</i>	49
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS	
<i>Histogramme IV.1. Evolution de la teneur en cuivre dans les différents échantillons d'eau</i>	53
<i>Histogramme IV.2. Evolution de la teneur en cobalt dans les différents échantillons d'eau</i>	54
<i>Histogramme IV.3. Evolution de la teneur en plomb dans les différents échantillons d'eau</i>	55
<i>Histogramme IV.4. Evolution de la teneur en Zinc dans les différents échantillons d'eau</i>	56
<i>Histogramme IV.5. Evolution de la teneur en cadmium dans les différents échantillons d'eau</i>	57
<i>Histogramme IV.6. Evolution de la teneur en cuivre dans les différents échantillons de poissons</i>	58
<i>Histogramme IV.7. Evolution de la teneur en Cobalt dans les différents échantillons de poissons</i>	59
<i>Histogramme IV.8. Evolution de la teneur en Zinc dans les différents échantillons de poissons</i>	60
<i>Histogramme IV.9. Evolution de la teneur en Cadmium dans les différents échantillons de poissons</i>	61
<i>Histogramme IV.10. Evolution de la teneur en Cobalt dans les différents échantillons de poissons</i>	62

Liste des abréviations:

IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry

OMS : Organisation mondiale de santé

SAA : Spectroscopie d'absorption atomique

Co : Cobalt

Cu : Cuivre

ETM : éléments traces métalliques

PHE : plus haut eaux

NA : Nombre atomique

Fe : Fer

Mn : magnésium

Ni : Nickel

Se : Sélénium

Zn : Le Zinc

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

« L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel. » Directive Cadre européenne sur l'Eau, 2000

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation des ressources en eau potable.

Depuis la révolution industrielle, notre environnement ne cesse de se détériorer. En effet, les activités industrielles, urbaines, agricoles et routières, sans cesse croissantes, sont à l'origine de nombreuses modifications des écosystèmes. Ce changement de l'état naturel, dû aux différents polluants d'origine anthropique, pose de graves répercussions sur la santé humaine et environnementale.

Les métaux lourds sont parmi les polluants les plus dangereux, car ils ne peuvent pas être dégradés et leurs concentrations augmentent régulièrement dans les différents compartiments des écosystèmes,[1] Le projet auquel se rapporte notre travail concerne l'étude sur ces métaux. Les matrices choisies dans cette étude sont les poissons et l'eau de barrage d'AIN ZADA.

Dans le milieu aquatique, les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les organismes des êtres qui y vivent et atteindre dans certains tissus ou organes des concentrations parfois supérieures à celles mesurées dans l'eau: ce phénomène est appelé " bioaccumulation ". Le fait que les poissons représentent aussi une importante composante du régime alimentaire soulève des préoccupations concernant les risques sur la santé ,[2] (Mémoire) Ce que nous fait craindre la contamination d'une grande quantité de poisson si toute fois l'eau est contaminée.

Devant ces réalités, que sont la forte démographie, les rejets industriels, domestiques et sanitaires ainsi que l'utilisation des pesticides aux abords des retenues d'eau de surface, nous nous sommes posés les questions suivantes :

- quelles peuvent être les sources de contamination des poissons par les métaux lourds?
- les tissus et organes des poissons pêchés dans les eaux de surfaces contient-elle des métaux lourds ? Et surtout l'eau et les poissons de barrage ?

INTRODUCTION GENERALE

Notre étude se fixe donc pour objectif global d'analyse et étudier les taux et l'effet de la pollution industrielle sur les organismes vivants aquatiques, et plus spécifiquement, il s'agira de déterminer la teneur de quelques métaux lourds (le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre et le cobalt).

Le présent mémoire comporte principalement quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation des éléments de l'étude : les métaux lourds, leurs propriétés physiques et chimiques, et leurs effets nocifs sur l'homme et l'environnement.
- Le deuxième chapitre présente l'étude de lieu d'étude (Barrage de AIN ZADA) et ainsi son empoissonnement et se finira par la présentation de la station de traitement de ce barrage.
- Le Troisième chapitre contient le matériels utilisé et les techniques expérimentales de prélèvement, de conservation, de traitement des échantillons et de la mise en œuvre du dosage et des étalons.
- Le dernier chapitre contient l'essentiel des résultats obtenus et leur interprétation.

CHAPITRE I

Etude bibliographique

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Introduction :

Ce chapitre donne un aperçu sur les métaux lourds, leurs origines, leurs toxicités et effets sur la santé humaine. Les propriétés physico-chimiques des métaux choisis dans notre étude ont été détaillées

1.2. Recherche Bibliographique :

1.2.1. Généralité sur les métaux lourds :

Les métaux lourds englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes de masse volumique supérieure à 5 g.cm^{-3} , à l'exception des éléments alcalino-terreux. Cette définition regroupe 59 éléments désignés comme métaux lourds. Il s'agit de tous les éléments de transitions possédant une orbital insaturée, Il s'agit de tous les éléments de transitions possédant une orbital insaturée, y compris les lanthanides et les actinides, à l'exception du scandium, du titane et de l'yttrium. [3]

De même, parmi les métaux lourds, les métaux intermédiaires les moins électronégatifs du bloc p, dont figurent le plomb et l'étain.

Généralement, les métaux lourds sont présents dans l'environnement sous forme de traces appelés communément éléments traces métalliques (ETM). Certains de ces éléments (Zn, Cu, Mn, Ni, Fe, Co et Se) en faible quantité sont des oligo-éléments nécessaires à la nutrition des plantes. Ils s'interposent également dans les réactions métaboliques ou dans des réactions biochimiques (oxydoréduction ou hydrolyse).

Les métaux lourds sont naturellement présents dans tous les compartiments de l'environnement. La présence des gisements métallifères contribue à la contamination métallique. Néanmoins, l'essentiel provient des apports d'origines industrielles. Certains éléments métalliques sont essentiels pour un grand nombre d'organismes vivants en faible quantité et toxiques à des doses importantes tels que le Cuivre, le Fer, le Zinc, le Sélénium et d'autres n'ont aucune utilité pour l'homme comme le Plomb, le Mercure, l'Arsenic.

Bien que le terme « métaux lourds » soit abondamment utilisé, et ce même dans la littérature scientifique, il n'a pas de réelle définition scientifique ou juridique unanimement reconnue. Certains auteurs définissent les métaux lourds selon leur densité minimale (de 3.5 à 6 g/cm^3), d'autres en fonction de leur masse atomique ou de leur numéro atomique. [4]

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Le terme métal lourd impliquant une notion de toxicité, il est souvent utilisé pour l'arsenic(métalloïde) ou le sélénium (non-métal).Parmi les éléments les plus couramment désignés par le terme métal lourd on retrouve : le vanadium, le chrome, le nickel, le cuivre, le zinc, l'arsenic, le plomb, le cadmium, le mercure, etc.

Tableau périodique des éléments

Numéro atomique ou nombre de protons : Z
Masse atomique exprimée en multiple de la masse d'un proton (arrondie à 10⁻¹) H : symbole atomique

© Georges Dolisi

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
1	H Hydrogène			métaux alcalins	métaux alcalino-terreux	métaux de transition	non métaux	métaux pauvres	halogènes	gaz rares								He Hélium
2	Li Lithium	Be Béryllium				éléments gazeux	éléments liquides	éléments solides	éléments artificiels				B Bore	C Carbone	N Azote	O Oxygène	F Fluor	Ne Néon
3	Na Sodium	Mg Magnésium											Al Aluminium	Si Silicium	P Phosphore	S Soufre	Cl Chlore	Ar Argon
4	K Potassium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titane	V Vanadium	Cr Chrome	Mn Manganèse	Fe Fer	Co Cobalt	Ni Nickel	Cu Cuivre	Zn Zinc	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsenic	Se Sélénium	Br Brome	Kr Krypton
5	Rb Rubidium	Sr Strontium	Y Yttrium	Zr Zirconium	Nb Niobium	Mo Molybdène	Tc Technétium	Ru Ruthénium	Rh Rhodium	Pd Palladium	Ag Argent	Cd Cadmium	In Indium	Sn Étain	Sb Antimoine	Te Tellure	I Iode	Xe Xénon
6	Cs Césium	Ba Baryum	* Lanthanides	Hf Hafnium	Ta Tantale	W Tungstène	Re Rénium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platine	Au Or	Hg Mercure	Tl Thallium	Pb Plomb	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astate	Rn Radon
7	Fr Francium	Ra Radium	** Actinides	Rf Rutherfordium	Db Dubnium	Sg Seaborgium	Bh Bohrium	Hs Hassium	Mt Meitnerium	Ds Darmstadtium	Rg Roentgenium							
	* Lanthanides			La Lanthane	Ce Cérium	Pr Praséodyme	Nd Néodyme	Pm Prométhium	Sm Samarium	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutétium

© Georges Dolisi

Figure I.1: Tableau périodique des éléments [5]

I.2.2. Origine des métaux lourds :

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes. Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole.

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses mais sporadiques dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma [6]. Les principales sources de mercure atmosphérique, par exemple, proviennent du

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

dégazage des terres et des océans [7]. Compte tenu de la toxicité des métaux lourds, il importe d'en connaître la source et de savoir ce qu'ils deviennent dans l'environnement.

Les sources anthropogènes sont les suivantes :

- Effluents d'extractions minières
- Effluents industriels
- Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles
- Activités pétrochimiques

Le tableau I-1 présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement.

Tableau I.1. Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement [8]

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni,
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans quelques pays africains, les activités minières sont à l'origine d'importants apports de métaux lourds dans l'environnement ; citons par exemple le mercure en Algérie, l'arsenic en Namibie et en Afrique du Sud, l'étain au Nigéria et au Zaïre, et le cuivre en Zambie.[9]

I.2.3. Caractéristiques et classification des métaux lourds étudiés : Cu, Cd, Zn, Pb et Co:

A- Le Cuivre :

Elément chimique métallique de couleur rouge-brun, de symbole Cu et NA 29. Il possède une haute conductivité thermique et électrique à température ambiante. Il est un des rares métaux qui existe à l'état natif. L'occurrence du cuivre natif est cependant assez faible. [10]

L'ion Cu^{2+} forme de nombreux complexes stables avec des ligands minéraux, comme les chlorures ou l'ammonium, ou avec des ligands organiques. [11]

Dans les milieux aqueux, le comportement du cuivre est influencé par de nombreux processus :

- Complexation avec des ligands organiques (surtout sur les groupes NH_2 et SH , et dans une moindre mesure sur le groupe OH) ou minéraux,
- Adsorption sur des oxydes métalliques, des argiles ou des matières organiques particulières,
- Bioaccumulation, présence de cations de compétition (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+}).
- Echanges entre les sédiments et l'eau [12]

❖ Utilisations du cuivre :

- Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et de sa conductibilité électrique et thermique. Il est utilisé dans la métallurgie, dans la fabrication des alliages de bronze (avec étain), de laiton (avec zinc) ou de bijouterie (avec or et argent).
- Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques, dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie.



Figure I.2 : Le cuivre à l'état naturel

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

- L'acétate de cuivre est utilisé comme catalyseur, notamment dans la fabrication de caoutchouc, comme pigments pour les céramiques et les teintures, comme fongicide et comme insecticide.
- Le chlorure cuivrique est employé comme catalyseur, agent désodorisant, désulfurant ou purifiant, fixateurs pour la photographie. Il est utilisé pour la production de couleurs dans les compositions pyrotechniques ou encore pour la conservation du bois et le raffinage des métaux.
- Aussi, le sulfate de cuivre anhydre est utilisé en analyse pour la détection et l'élimination de traces d'eau provenant des alcools.
- La forme hydratée est utilisée comme fongicide agricole, bactéricide et herbicides. Il entre aussi dans le traitement des vignes.

B- Le Cadmium :

De symbole Cd, NA 48 et de couleur blanc brillant.

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 [13]. Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses

formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire) et chimiques (minérale ou organique). Un ensemble de variables physico-chimiques du milieu (salinité, pH, potentiel redox, caractéristiques sédimentologiques, nature géochimique des particules, concentration en chlorures) gouvernent les transformations du cadmium dans l'environnement [14]



Figure I.3 : Le Cadmium à l'état naturel

❖ Utilisation de Cadmium :

Le cadmium est naturellement présent à l'état de traces dans les roches superficielles de l'écorce terrestre, ce qui en fait un élément plus rare que le mercure et le zinc. Il y a deux origines principales de présence de cadmium :

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

- Le cadmium primaire est principalement associé au zinc dans les minerais de zinc (blende) (0,01 à 0,05%) et donc sous-produit de la métallurgie du zinc qui donne en moyenne 3 kg de cadmium par tonne de zinc.
- Le cadmium est également présent dans des minerais de plomb et de cuivre ainsi que dans des phosphates naturels (Jordanie, Tunisie).
- Les usages de cadmium se situent principalement en électricité (accumulateurs), en électronique, en métallurgie (traitement des surfaces par cadmiage) et dans l'industrie des matières plastiques (stabilisateur de polymères) [15]
- Le cadmium est le produit de recyclage (accumulateurs Ni/Cd, alliages Cu/Cd, poussières d'aciéries, incinération d'ordures ménagères).

C- Le Zinc :

Le zinc est un élément chimique métallique, bleuâtre, de symbole Zn et de NA 30. Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie, son utilisation est variable et multiple ; une grande partie de la pollution provient de la métallurgie. Sa toxicité pour les organismes marins n'est pas prouvée, sauf à de fortes concentrations, il agit sur la reproduction des moules et le croissance larvaire.



Figure I.4 : Zinc à l'état naturel

❖ Utilisations du Zinc :

Il est assez présent dans la croûte terrestre, on ne le trouve pas à l'état libre dans la nature, mais sous forme d'oxyde de zinc (ZnO), de silicates ($2ZnO$, SiO_2 , H_2O), de carbonates de zinc ($ZnCO_3$) «etc. A l'état pur le zinc est un métal cristallin, insoluble dans l'eau. Son origine artificiel ne peut être qu'industrielle. Il est principalement utilisé comme revêtement protecteur anticorrosif des aciers, on le trouve également dans les plaques des piles électriques sèches et il est utilisé dans le traitement des eaux industrielles. Il est souvent associé au plomb et au cadmium dans les minerais, avec une teneur variant de 4 à 20 %. Le minerai principal est la blende, sulfure de zinc (ZnS). Il est produit principalement suivant un procédé hydro-métallurgique ou encore pyro-métallurgique. Le zinc est principalement utilisé pour les revêtements de protection des métaux contre la corrosion (galvanoplastie, métallisation, traitement par immersion). Il entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliages légers). Il est utilisé dans la construction immobilière, les équipements pour

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

l'automobile, les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés. Il constitue un intermédiaire dans la fabrication d'autres composés et sert d'agent réducteur en chimie organique et de réactif en chimie analytique. [16]

D- Le plomb :

C'est un élément métallique de couleur gris bleuâtre, de symbole Pb et de numéro atomique 82 (tableau 1), peu ou rarement disponible à l'état natif, il est présent dans de nombreux minerais, la galène PbS, associé au zinc PbZn. Il existe sous trois formes essentielles : le plomb dissous, le plomb colloïdal et le plomb particulaire. - Sous forme



Figure I.5 : Plomb à l'état naturel

dissoute, les espèces dominantes dans l'eau de mer par exemple sont PbCO_3 , PbCl_2 ou PbCl^+ . Cette répartition ne prend pas en compte la matière organique dissoute et le fait que le plomb, dans l'eau de mer, se trouverait essentiellement sous forme de complexes organiques labiles. De même que pour le mercure, le plomb peut-être méthylié par les bactéries dans les sédiments, mais ce phénomène revêt une moindre importance.

Aussi, le plomb présente une forte affinité pour la matière particulaire. A peine 10 % du plomb se trouve sous cette forme dans l'océan. L'adsorption du plomb sur la matière particulaire est fonction du pH et augmente avec ce dernier

❖ Utilisations du plomb :

Le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais mais aussi à de nombreux autres éléments : Fe, Cu, Cd, Bi, Sb, Ge, As, Ag, qui sont en grande partie (sauf Fe) récupérés lors des opérations métallurgiques. Les minerais mixtes Pb-Zn représentent 70 % de la production minière de plomb, les minerais de plomb en représentent 20 % ; 10 % de la production de plomb proviennent d'une coproduction lors du traitement du minerai de cuivre, de zinc ou d'autres métaux. Le principal minerai du plomb est la galène (PbS) très souvent associé à la blende et à la pyrite [17]. L'utilisation du plomb est directement liée à la métallurgie; Dans l'antiquité, pour la production de la monnaie, les canalisations et la vaisselle ; mais actuellement dans l'industrie, l'imprimerie, les peintures et les carburants automobiles. Cette dernière utilisation qui consistait à ajouter du plomb à l'essence comme antidétonant est aujourd'hui prohibée. [18].

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

E- Le Cobalt :

Le cobalt est un Elément chimique métallique de symbole Co et NA : $Z = 27$, c'est le second élément du huitième groupe secondaire, ce métal de transition fait partie du groupe du fer. Le corps simple cobalt a des propriétés physiques assez voisines de celles du fer et du nickel. D'un point de vue chimique, il est moins réactif que le fer. Il est l'un des quatre éléments qui

sont ferromagnétiques au voisinage de la température ambiante, les trois autres étant le fer, le nickel et le gadolinium.



Figure I.6 : Le cobalt à l'état naturel

❖ *Utilisation du Cobalt :*

Le cobalt est considéré comme un matériau stratégique pour l'industrie. On le retrouve notamment dans les turbines à gaz, fabriquées avec des alliages de fer, cobalt et nickel. Il permet aussi de former des alliages durs résistant à la corrosion. On emploie également le cobalt dans certains accumulateurs, particulièrement dans les électrodes. C'est aussi un élément majeur pour les aimants et les supports magnétiques pour l'enregistrement.

Quant au bleu de cobalt, on l'emploie depuis l'Antiquité pour la porcelaine de Chine. C'est le même élément qui donne son bleu à la porcelaine de Saxe.

I.2.4. Propriétés physico-chimiques des métaux lourds :

Les métaux lourds possèdent les propriétés physiques générales des métaux (bonne conductivité thermique et électriques). Ils sont fortement électropositifs et donnent par perte d'électrons des cations métalliques de charges variées. [19]

Ces cations métalliques, qui présentent à la fois des densités de charge élevées et un caractère électrophile, peuvent former avec des ligands des liaisons ioniques covalentes ou intermédiaires, et donnent naissance à des complexes plus au moins stables.

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.2. : Les propriétés physico-chimiques des métaux lourds

	Plomb	Cuivre	Zinc	Cadmium	Cobalt
Numéro atomique	82	29	30	48	27
Masse atomique (g/mol)	270	63.55	65.36	112.41	58.93
Masse Volumique (g.cm ⁻³)	11.35	8.93	7.13	8.6	8.9
Température de fusion	327	1083	419.58	320.9	1495
T° d'ébullition C°	1755	2595	906.85	765°	2927
Couleur	Gris bleuâtre ou argente	Cuivre métallique	Blanc bleuâtre	Argenté métallique	Bleu argenté reflet gris
Longueur d'onde (nm)	217	324.7	213.9	467.8	240.72

I.2.5. La contamination et effets des métaux lourds :

I.2.5.1. La contamination de l'environnement :

A. Contamination de l'environnement : Les métaux lourds sont dangereux pour l'environnement car, ils ne sont pas dégradables. Ils s'accumulent au cours de processus minéraux et biologiques. Les métaux lourds peuvent également être absorbés directement par le biais de la chaîne alimentaire entraînant alors des effets chroniques ou aigus.

B. Contamination des sols : Le sol est un support de nombreuses activités humaines (industrialisation, urbanisation, agriculture), son rôle clef en matière d'environnement a été reconnu récemment : il intervient comme réacteur, récepteur, accumulateur et filtre des pollutions. [20]

C. Contamination de l'eau : Il est assez difficile de prévoir l'évolution des métaux dans l'environnement, car ils peuvent subir un grand nombre de transformations (oxydation, réduction, complexation, etc.), et car cette évolution dépend fortement du milieu. En effet, la migration des métaux lourds vers la nappe phréatique est fonction de nombreux paramètres : [21]

- La forme chimique initiale du métal,
- La perméabilité du sol et du sous-sol,
- La porosité du sol,
- Le pH : dans un milieu acide, les métaux risquent de se solubiliser, alors que dans un milieu alcalin, ils peuvent former des hydroxydes métalliques,

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

- L'activité biologique : certains micro-organismes ont la capacité d'ingérer des métaux, alors que d'autres les solubilisent par acidogénèse,
- Le potentiel redox du sol,
- La composition minéralogique du sol : il peut y avoir formation de composés,
- La teneur en matières organiques du sol :(complexation des métaux par les substances humiques) [21]

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes : les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, etc.

D. Contamination de l'air :

Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes. De nombreux éléments se trouvent à l'état de traces dans des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, des incinérateurs municipaux, des véhicules, etc. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont fonction de la taille des particules, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc. dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines. [22]

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.3 Effets des métaux sur l'environnement :

Métal	Effets sur la santé	Effets sur les poissons	Effets sur les invertébrés
Nickel	Toxique sur la majorité des plantes. provoque des changements des compositions des algues à partir de 0,002mgNi /L	La réduction de la calcification de squelette, l'augmentation de d'hématocrite et d'hémoglobines et la diminution de la capacité de diffusion des ouïs qui donne l'asphyxie concentration létale est $>1\text{mg/l}$	La concentration létale typique est de l'ordre de 0,5 à 20 mg/L et plus, il peut causer incapacité de régulation osmotique
Cuivre	Très toxique sur les plantes aquatiques inhibe la croissance des ces plantes à des concentration inférieures à 0,1 mg/l . réduction de la désorption du carbone à partir d'environ 0 .003-0.03 mg /l	L'inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase ; le changement cellulaire dans le fois et la réduction de l'immunité . concentration létale est 0,02 à 1mg/l	L'augmentation d'acide lactique dans les tissus ;la diminution de triglycéride et la nécrose du tissus épithélium La concentration mortelle typique est inférieure à 0,5 mg/l
Zinc	Diminution de la production cellulaire, perturbe la croissance des végétaux par détérioration de l'appareil de chlorophyllien	La réduction de la désorption minérale. La réduction de la calcification squelette, des effets tératogènes dans l'étape d'embryogénèse et une réduction de la croissance. Concentration létale est 0,5 à 5 mg /l	La diminution progressive de la capacité de la régulation osmotique. La concentration létale périodique $>100\text{ mg/l}$
Fer	Toxicité moyenne sur plusieurs plantes	Etouffe les ouïes de ces poissons. concentration létale est 0,3 à 10mg/l	
Chrome	Toxicité moyenne sur plusieurs plantes	Endommagement des tissus. Affecte le fois ; les reins ; la rate. Concentration létale est 0,005-0,09 mg /l	Inhibe le développement de bactéries des sols à partir d'une concentration de 10à 12 mg/l ;il altère le matériel cellulaire ;le métabolisme et réactions physiologiques

I.2.5.2. Les sources de contamination :

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes.

- **Les sources naturelles :** Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

ruissellement agricole. Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. [23]

Il y a d'une part, les oxydes et silicates ; les oxydes étant libérés de la roche par érosion et transportés tels quels dans les sols et sédiments. Et, il y a d'autre part, les sulfures et carbonates, très altérables, qui seront attaqués chimiquement. Les métaux changeront 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 sédiments.

- **Les sources anthropogènes :** Les sources anthropogènes sont les suivantes :
 - Effluents d'extractions minières
 - Effluents industriels
 - Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains
 - Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides
 - Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides.
 - Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles
 - Activités pétrochimiques [23]

Les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments en traces par la coexistence de deux phénomènes de bioaccumulation et de bio-magnification : les éléments en traces se concentrent au fur et à mesure des absorptions dans la chaîne alimentaire (eau plancton poisson herbivore poisson carnivore homme...) L'industrie est responsable de la quasi-totalité des rejets de métaux lourds dans l'eau. La nécessité de réduire ces rejets n'est plus discutée.

I.2.5.3. La contamination métallique des poissons : [24]

Les poissons concentrent les éléments indispensables pour leur vie, mais aussi les contaminants dont les métaux lourds qui sont l'objet de notre étude. Certains de ces métaux existent à l'état naturel. Mais d'autres sont déversés directement dans le milieu aquatique par la combustion du carburant, les déchets industriels et les eaux usées.

Il s'est avéré que les poissons sont des vecteurs de contamination aux métaux lourds chez l'homme, de sorte que certaines espèces servent aujourd'hui d'outils biologiques à

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

l'évaluation de la pollution des eaux par les métaux lourds. Il n'est pas donc surprenant que de nombreuses études aient été menées sur ce type de pollution chez les différentes espèces de poissons. Effectivement, les organismes marins en particulier les poissons sont capables grâce à leur métabolisme d'accumuler des éléments contaminants de l'environnement dans certains de leurs organes. Il est de la plus haute importance de noter que, bien que les muscles fournissent relativement une faible teneur en métaux du fait de leur faible activité métabolique, ils peuvent servir d'indicateur biologique circonstanciel en raison de sa masse par rapport aux autres organes comme le foie et les branchies

A partir d'une certaine concentration spécifique de chaque métal lourd dans le muscle, l'homme est exposé à la contamination par les poissons.

I.2.5.4. Définitions des termes relatifs à la contamination [25]

- A- **La Bioconcentration** : Accroissement direct de concentration d'un polluant lorsqu'il passe de l'eau dans un organisme aquatique.
- B- **Bioaccumulation** : Accumulation d'un polluant dans un organisme résultant soit d'une contamination directe par l'eau, soit d'une contamination indirecte par voie alimentaire.
- C- **Biomagnification**: Forme particulière de la bioaccumulation, caractérisée par une augmentation de la concentration dans les prédateurs par rapport à leur proies.
- D- **Facteur de concentration**

$$FC = \text{teneur du métal dans l'organe humide (mgkg)} / \text{teneur en métal dans l'eau (mgA)}$$

I.2.6. Pénétration et devenir des métaux chez le poisson :

Les micropolluants pénètrent dans l'organisme du poisson par 2 voies principales : Une voie respiratoire (branchies, peau ou absorption directe au niveau de la muqueuse intestinale) et une voie digestive ou trophique par ingestion de proies contaminées. Les substances toxiques, qui pénètrent au niveau des branchies, se répandent aussitôt dans tout le corps et peuvent donner lieu à des empoisonnements rapides. Les reins contribuent à l'élimination des toxiques présents dans le sang. Les polluants peuvent cependant être stockés dans l'organisme et généralement dans le foie. Les métaux possèdent des affinités avec certaines molécules de l'organisme des poissons telles que les métalloprotéines et sont moins lipophiles que les composés organiques de synthèse. Quand le poisson est exposé à de fortes concentrations en métaux, il peut stimuler la production de métallothionéine (MT) qui protègent les cellules,

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

jusqu'à ce que les métaux soient évacués des tissus. [26] La MT se complexe le plus souvent avec Cd, Cu et Zn. Elle est présente en grande quantité dans le foie, ce qui permet à l'animal de tolérer des doses importantes de métaux toxiques. [27]. La mesure de MT s'est révélée valable pour l'estimation de la biodisponibilité des métaux et comme indicateur de pollution métallique [28]

I.2.7. La toxicité des métaux lourds :

La toxicité des métaux lourds a conduit le pouvoir public à établir des lois et des décrets concernant la protection de l'environnement, ainsi que l'établissement de normes concernant les concentrations en métaux lourds dans les effluents industriels. Le décret du 10 juillet 1993 écrit dans le journal officiel de la république algérienne, a fixé les valeurs limites maximales de rejets industrielles, chargés en métaux comme suit :

Tableau I.4. Les valeurs limites maximales de rejets industrielles, chargés en métaux

Métal	Al	Cd	Cr(III)	Cr (IV)	Fe	Mg	Hg	Ni	Pb	Cu	Zn
C (mg/l)	5	0.2	3	0.1	5	1	0.01	5	1	3	5

La toxicité des métaux dans l'environnement dépend de la forme chimique sous laquelle ils existent, ainsi que leurs pouvoirs à former des complexes. [29] Les métaux toxiques ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentrations. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. [30]

❖ Toxicité vis-à-vis de l'homme :

La problématique des métaux lourds est majeure car elle affecte toutes les caractéristiques de la vie. En effet, la cellule est l'unité biologique fondamentale la plus petite or les métaux lourds peuvent entraîner sa dégénérescence. Certains d'entre eux sont cancérigènes, il peut donc y avoir atteinte de l'entité élémentaire de la vie.

Les métaux lourds peuvent s'accumuler au sein de l'organisme et donc perturber son organisation interne. Certains d'entre eux ont des effets tératogènes et d'autres peuvent entraîner des troubles de la fécondité. Comme nous le voyons donc, chaque fonction fondamentale et vitale de l'homme est mise en danger par la présence des métaux lourds dans son environnement. Le tableau I.5 regroupe les effets de certains métaux lourds sur la santé.

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.5.Effets de certains métaux lourds sur la santé [31]

Métaux	Effet sur la santé
Arsenic	<ul style="list-style-type: none"> • Cancérogène et atteinte de différents organes (foie, système nerveux, peau...); • Pas d'organes cibles pour les expositions de longues durée
Cadmium	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel toxique élevé ; • Dommages rénaux pour des expositions chroniques à faible dose ; • Oxydes, chlorures, sulfates et le cadmium sont classés cancérogènes
Chrome	<ul style="list-style-type: none"> • Chromates endommagent le système respiratoire pour des expositions à long terme ; • Trouble dermatologiques, anémie ; • Composés avec du chrome VI responsable d'eczéma ; Cr VI cancérogène (groupe A1: cancer prouvé chez l'homme)
Cuivre	<ul style="list-style-type: none"> • Effet irritant par inhalation, allergie par contact ; • Lésion du foie par voie orale sur période longue
Mercure	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les composés du mercure sont toxiques à de faibles doses ; • Cerveau et rein touchés ; • Intoxication chronique responsable de dommages irréversibles sur le système nerveux central et périphérique ; • Sous la forme organique peut perturber le développement du fœtus
Nickel	<ul style="list-style-type: none"> • Allergie par contact avec la peau et par présence dans la nourriture pour personne sensible ; • Composés du nickel sont cancérogènes (groupe A1) pour le nez, poumon
Plomb	<ul style="list-style-type: none"> • Entraîne l'anémie forte dose ; • Perturbe le système nerveux et les reins ; • Effet mutagène de l'acétate et du phosphate de plomb (expérience animale)
Vanadium	<ul style="list-style-type: none"> • Effet irritatif à forte dose pour les yeux, le nez, les bronches
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'effet cancérogène du zinc par voie orale ou par inhalation ; • Mais, le chromate de zinc est cancérogène

- ***Biodisponibilité des ETM :***

« La fraction de produit chimique présent dans le milieu environnemental qui est disponible pour être accumulée par les organismes ». (Rand G. M. et al, 1995). Le pH et les conditions d'oxydoréduction dans le sol jouent un rôle important dans la mobilité des métaux : un sol à pH acide entraîne la désorption des cations métalliques et donc leur mise en solution sous forme de sels métalliques [32]

CHAPITRE II

DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

II.1. Situation géographique du barrage :

Le barrage d'Ain-Zada est situé dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj à 25 km à l'ouest de Sétif et à 40 km à l'est de B.B. Arreridj. Il est implanté dans la commune d'Ain Taghrout sur l'Oued Boussellam (direction Sud-Nord) au niveau de la jonction avec l'Oued Ain Taghrout à l'ouest, l'Oued Kharoua au Nord-est et l'Oued Malah au Sud-est.

C'est un barrage en remblai de type en enrochement avec un noyau central en argile, de 55 m de hauteur, Il est doté d'un évacuateur de crues sans organes de réglage et d'un coursier à ciel

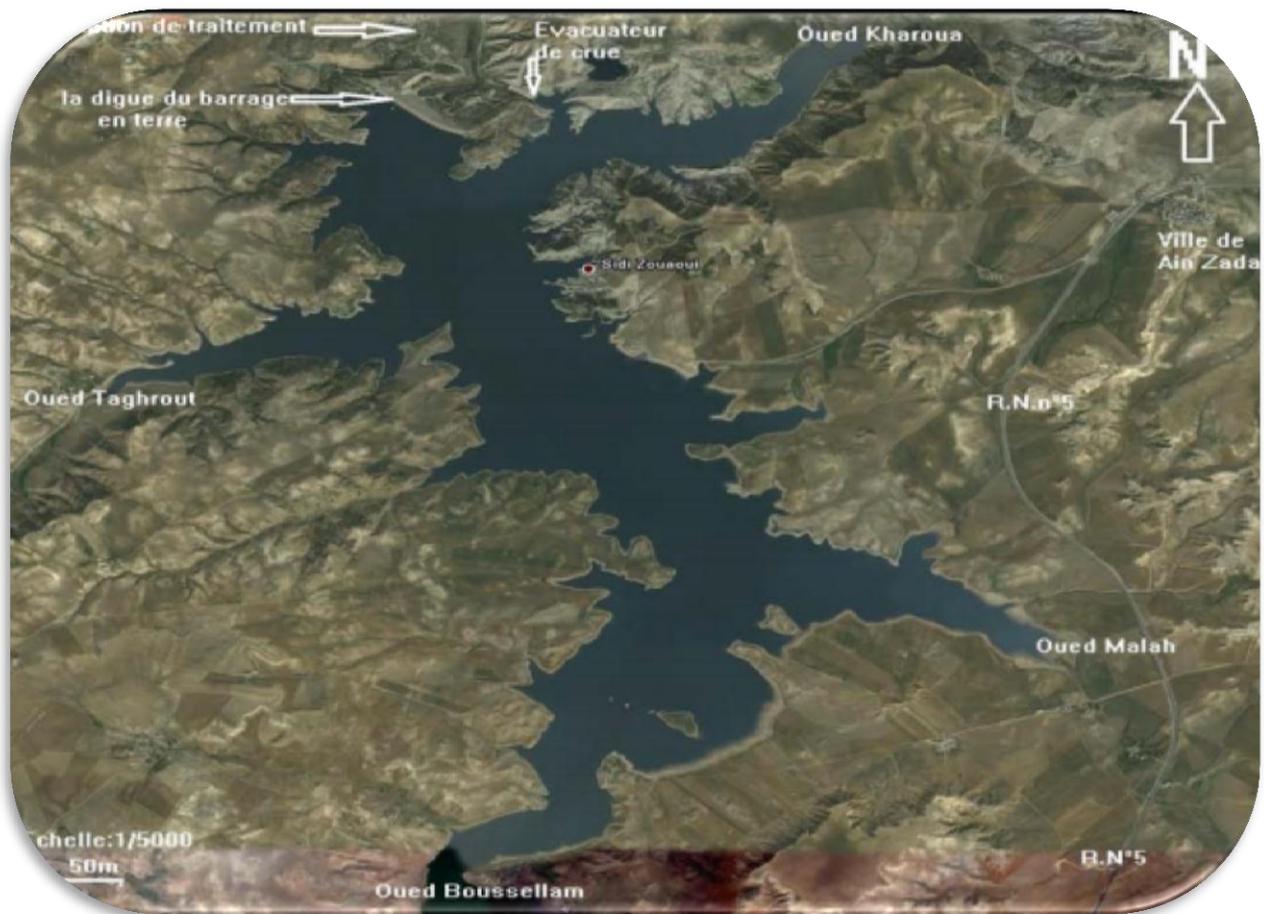


Figure II.1. Barrage de Ain Zada Wilaya de Bordj Bou-Argeridj (Algérie) (photo Satellitaire) (2017) ouvert sur l'un des côtés de la digue. [33]

II.2. Les caractéristiques techniques du barrage :

Le barrage de Ain zada permettra d'emmagasiner un volume d'eau de 121,400 Mm³ régularisant ainsi un volume 50Mm³ par an, afin d'assurer les besoins en eau potable et industrielles des populations des villes en rapide expansion de la région notamment les villes de Sétif, Bordj

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

Bou-Arreridj, El Eulma et Bougaa et d'autre commune. Mais actuellement la ville de Bordj Bou Arréridj et quelques communes seulement.

Les caractéristiques techniques du barrage Ain-Zada sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau II.1: Les caractéristiques techniques du barrage Ain-Zada [33]

Wilaya	BBA
Commune	Ain Taghrout
Les oueds	Oued Boucellam. Kharwaa. Taghrout, (oued el malah)
Déversoir	Saut de ski
Type de barrage	En terre
Surface de bassin versant	2080km ² (boisé et agricole)
Capacité initiale	125.000 million m ³
Envasement annuel	0,240 million m ³
Cote retenue normale	855 m
Bathymétrie septembre	2004 121,400 million m ³
Capacité utile	106,400 million m ³
Altitude de plus haut eaux (PHE)	864,20 m
Précipitation moyenne annuelle	400 m
Destination AEP	Ville : Sétif, el Eulma, BBA
Surface PHE	1920 ha
Volume PHE	261,200 mm ³
Cote minimale	828,12 m
Volume (cote minimale)	0,001 mm ³
Surface (cote minimale)	0,1 ha
Apport moyenne annuelle	79 mm ³
Evaporation moyenne annuelle	10 mm ³
Percolation moyenne annuelle	6 mm ³
Déversement moyenne annuelle	27 mm ³
Volume régularisé	50 mm ³
Année de mise en eau	Novembre 1985
Début de travaux	1981, 1986

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

II.3. Equipements de barrage : [34]

Réalisés en 1985, les ouvrages du barrage sont disposés comme suit :

A- Evacuateur de crue :

- Elévation du seuil du déversoir : 855m
- Largeur du déversoir en amont (douceine) : 75m
- Largeur du déversoir en aval (saut de ski) : 45m
- Longueur du coursier : 185m
- Pente du coursier : 8.4%
- Le coursier à ciel se termine par un saut de 5 km ; il permet l'évacuation de la crue maximale par la retenue à un débit de $4370 \text{ m}^3/\text{s}$

B- La digue :

- Hauteur : 55 m
- Longueur en crête : 688 m
- Largeur en crête : 7 m
- Niveau de la retenue normale : 855 m
- Niveau des plus hautes eaux : 864,2 m
- Capacité de la retenue normale : 125 Mm^3
- Volume utile : 110 Mm

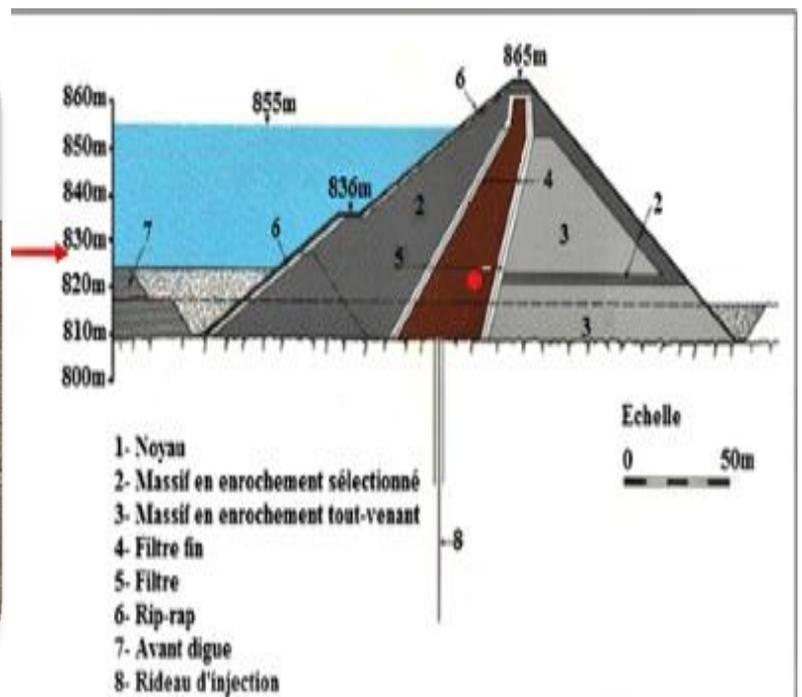


Figure II.2: La digue de barrage de Ain Zada

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

C- Tour de prise :

Les prises d'eau pour l'alimentation, au nombre de deux sont situées dans une tour proche du pied amont de la digue. L'eau d'alimentation est ensuite transférée par une conduite de grand diamètre passant dans une galerie de fond.

Les eaux peuvent également être déversées en aval dans l'oued BOUSELLEM, par la vidange de fond comme montre la figure ci-après :

- Cote vidange de fond : 827m
- Diamètre de la conduite de prise : 1200mm
- Débit maximal de prise : 12m³/s
- Diamètre de la conduite de vidange de fond : 1600mm
- Débit de la vidange de fond : 25 m³/s

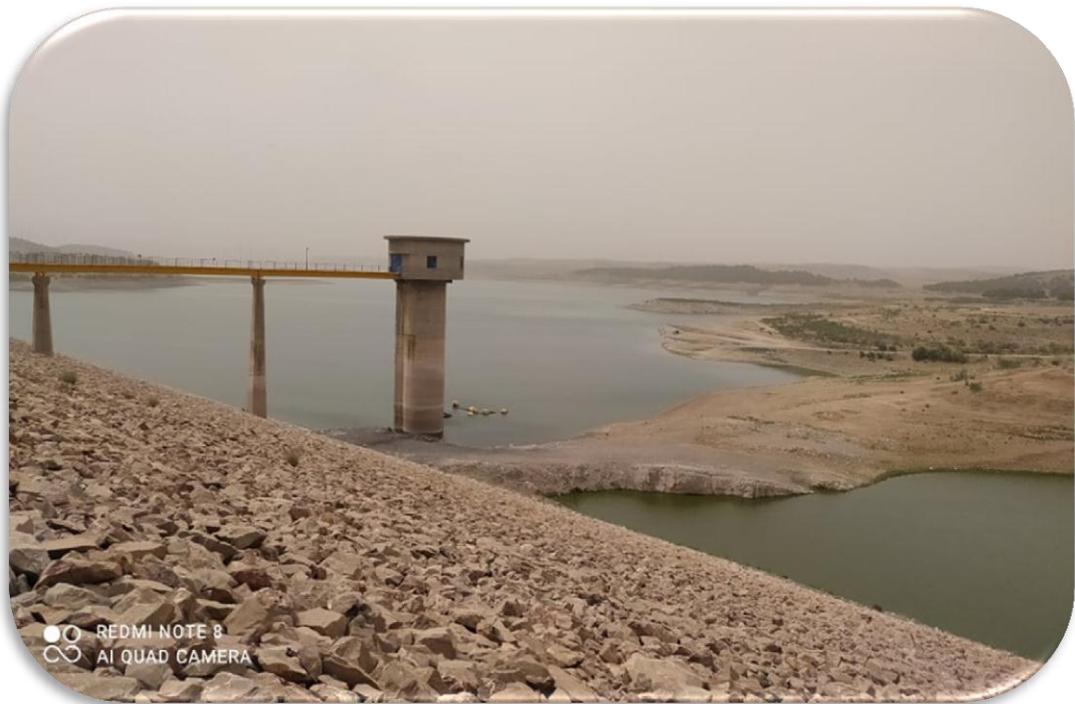


Figure II.3 : La tour de prise de barrage (2021)

D- Ouvrages de prises d'eau et de vidange de fond :

L'ouvrage de prise d'eau et de vidange de fond est situé sur l'appui gauche au piémont de la digue. Il est constitué d'une tour de prise, d'une cabine de commande, d'une vidange de fond, d'une galerie sous remblai et d'un ouvrage de sortie à l'aval.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

Une série d'échantillons a été prélevée dans plusieurs lieux du barrage comme montré dans les photos qui suivent: Oued Bou Sellam, oued Ain Taghrout et Oued Kharoua. Et les autres échantillons ont été prélevés dans le barrage (l'évacuateur de crue et la digue)

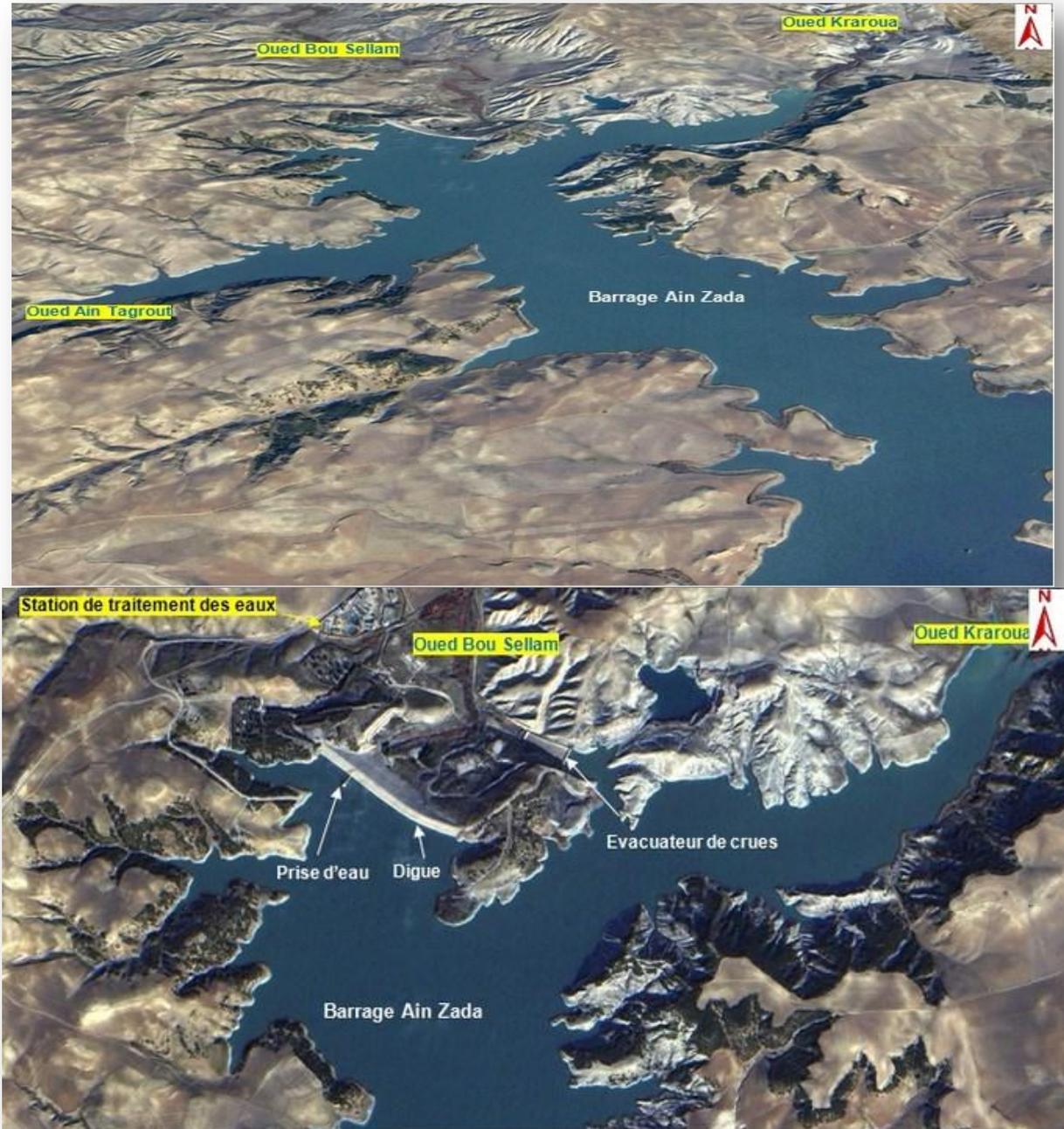


Figure II.4. Les points de prélèvement des échantillons

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

II.4. Situation géographique et topographique du barrage d'Ain Zada : [35]

A- Topographie

Selon l'avant-projet du barrage d'AIN ZADA de 1973, la région consiste en une plaine légèrement vallonnée à 20 %. L'oued Boussellam a creusé son lit qui serpente la plaine, sa largeur varie de 50 à 120 m.

B- Géologie

La région fait partie de la ceinture orogénique méditerranéo-alpine, caractérisée par les calcaires et les schistes. Le barrage est situé sur une zone de calcaire éocène et sédiment pliocène, la capacité et la résistance à l'altération de ces matériaux est variable (A.N.B, 1979).

C- Hydrologie

La retenue du barrage est alimentée par trois cours d'eau principaux : Oued Boussellam, Oued El Melah et Oued Kharouâ.

Les principales caractéristiques du site sont :

- Bassin versant en amont du site du barrage : 2020 km²
- Débit annuel moyen de l'oued : 85 Mm³
- Débit fictif instantané : 2,70 m³/s
- Ruissellement spécifique moyen : 1,331/s/km³
- Superficie de la retenue pleine : 1300 ha
- Perte annuelle moyenne par évaporation : 9,5Mm³
- Taux de sédimentation : 0,80 %
- Côte normale de la retenue pleine : 855 m
- Capacité de stockage de la retenue pleine : 125 Mm³
- Côte minimum normale de fonctionnement de la retenue : 836 m
- Stockage utile de la retenue : 110 Mm³
- Pluviométrie /an : 662 mm/an.

II.5. Les poissons :

A- Les poissons d'eau douce :

Un poisson est un animal vertébré. Il a un squelette et parfois des arêtes dans la chair. Sa peau est recouverte d'écailles. Elles sont de forme arrondie et se recouvrent comme les tuiles

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

d'un toit. Une écaille est en fait un ensemble de stries concentriques ou chaque strie représente une année. C'est la même chose que pour les arbres.

Les poissons sont poïcilothermes, c'est-à-dire que la température de leur corps est instable et varie en fonction de la température ambiante : on dit qu'ils ont le sang-froid. Ils sont incapables de respirer dans l'air, ils vivent uniquement dans l'eau. Son corps pourvu de nageoires et de muscles puissants est parfaitement adapté à la nage. La forme et la disposition des nageoires varient en fonction de l'espèce ; la plupart des poissons ont une mauvaise vue mais entendent très bien. [36]

Pour se repérer dans l'univers qui les entoure, les poissons possèdent une ligne latérale. Cette ligne parcourt les flancs de l'animal depuis l'arrière des opercules jusqu'à la queue. Cette ligne est en fait un ensemble de capteurs sensoriels reliés au système nerveux. Ils permettent de renseigner le poisson sur la position des obstacles éventuels mais aussi des autres animaux qui gravitent autour de lui. En se déplaçant, le poisson émet des ondes successives qui ricochent sur les « objets » alentours et qui reviennent « cogner » le poisson.

1. Tête
2. Tronc
3. Queue
4. Opercule
5. Ligne latérale
6. Première nageoire dorsale
7. Deuxième nageoire dorsale
8. Nageoire caudale
9. Nageoire anale
10. Nageoire pelvienne (1paire)
11. Nageoire pectorale (1paire)

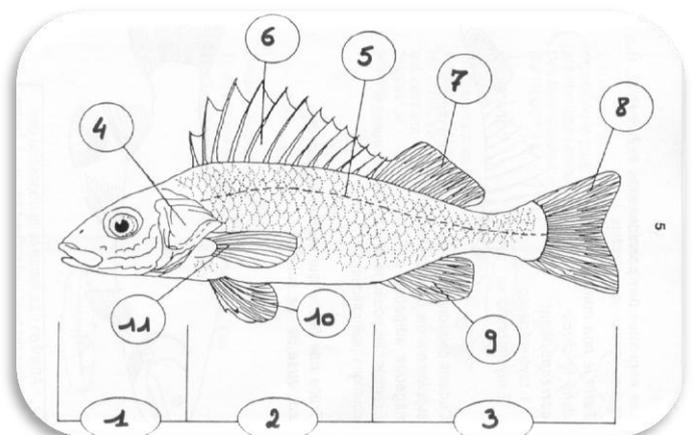


Figure II.5. Les composants de la chair de poisson

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

Tableau II.2. Les principales espèces de cyprinidés faisant l'objet d'élevage et régime alimentaire dominant des adultes

Genre	Espèce	Nom commun français	Nom anglais	Régime alimentaire
Cyprinus	C.carpio (plusieurs souches)	Carpe commune	Common Carp	Benthos, Zooplancton
Ctênopharyngodon	C.idella	Carpe herbivore ou Carpe amour	Gasscarp	Végétaux
Hypophthalmichthys	H.molitrix	Carpe argentée	Silver carp	Phytoplancton Et Zooplancton
Aristichthys	A.nobilis	Carpe à grande bouche ou Marbrée		Zooplancton

B- L'empoisonnement de barrage de Ain zada :

A l'instar d'une quinzaine de réservoirs, le barrage de Ain Zada a subi une série d'opérations d'empoisonnement depuis 1985 [37]

Tableau II.3. Série d'empoisonnement des espèces

Espèce	Année d'introduction	Nombre d'alevins
	1985-1986	50000
Carpe «royale» (Cyprinus carpio)	1991	40000
	1985	50000
Carpe argentée (Hypophthalmichthys molitrix)	2001	900 000
	1985	100 000
Carpe herbivore (Ctenopharyngodon idella)	1986	10 000
	2001	600 000
Carpe «à grande bouche» (Aristichthys nobilis)	1986	4500

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

- **Morphologie :**
- **Cyprinus carpio:**



Figure II.6. Cyprinus carpio

Le corps est allongée et plus ou moins haut. La carpe commune est généralement brune sur le dos, dorée sur les flancs et jaune sur l'abdomen ; les écailles sont grandes : 33 à 40 écailles le long de la ligne latérale, la bouche est protractile et munie de 4 barbillons (2 longs et 2 courtes).

Les carpes dites «miroir» ont une écaillure incomplète, les carpes « cuir» en sont dépourvues.

Taille : 25 à 100 cm. Poids : 27kg pour 1m.

- **Cténopliaryngodon idella :**

Le corps est allongée, les écailles sont moyennes, le bord antérieur est marquée par des mélanophores nombreux, les yeux sont dans une position axiale par rapport à l'allongement du corps, la bouche est en position terminale, la ligne latérale est incomplète, les nageoires anales et dorsales sont courtes, la nageoire caudale est très échancrée. Le dos est foncé et les flancs sont plus clairs.

Taille : peut dépasser 80-90cm.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE



Figure II.7. Ctenopliaryngodon idella

- **Hypophthalmichthys molitrix :**

Le corps est haut et comprimé latéralement ; le dos est sombre, les flancs et le ventre gris chez les adultes et argenté chez les jeunes (jusqu'au 3^{ème} été). La tête est large, la bouche supère est dépourvue de barbillons ; l'oeil est situé au-dessous de la ligne latérale.

Taille : peut atteindre 1m.

- **Aristichthys nobilis:**

Sa tête et ses yeux sont gros, elle possède un corps large et robuste, de couleur grise.

- La carpe argentée, la carpe à grande bouche et l'herbivore sont regroupés sous le nom de **carpes chinoises**.



Figure II.8. Aristichthays nobilis

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

C- Les poissons étudiés :

1. La carpe à grosse tête ou à Grande bouche : [38]

La carpe à grosse tête est une espèce originaire de Chine. Elle a été introduite dans plusieurs pays à des fins aquacoles. Elle habite dans la couche supérieure de la colonne d'eau et préfère une eau à grande productivité avec une abondance de nourriture naturelle. La carpe à grosse tête se distingue par un corps latéralement comprimé et un abdomen avant la nageoire ventrale, une bouche terminale et inclinée vers le haut, et des petites écailles. Sa couleur est noire dans la partie dorsale, et latérale supérieure. L'abdomen est blanc argenté, avec des taches noires irrégulières sur le côté latéral du corps. En conditions naturelles, la carpe à grosse tête est un mangeur de zooplancton. En culture, cette espèce accepte en plus de la nourriture naturelle, l'aliment artificiel, tels que les produits provenant de la transformation des graines et les débris organiques.



Figure II.9. La grande bouche

2. La carpe commune :

La carpe commune est très appréciée des pêcheurs en eau douce car elle constitue un défi intéressant en termes de combativité et en termes de taille. Par exemple, il n'est pas rare d'attraper des carpes communes ayant une taille de plus 70 cm et un poids de plus de 30kg. Le record du monde de cette variété est actuellement de 45 kg avec une longueur de plus de 100 cm. Elle a été pêchée par un Anglais en 2013.

La carpe commune a un corps épais et élancé recouvert d'écailles régulières, à l'exception de la tête. Au niveau de la bouche, elle possède des barbillons qui sont des capteurs sensoriels

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

et qui lui servent à se repérer dans l'eau et à déterminer ce qui se trouve au fond de l'eau. Elle possède également une grande nageoire dorsale. Elle vit dans les eaux à courant lent de rivières et canaux ainsi que dans les eaux stagnantes, plutôt chaudes et peu profondes de mares, étangs et lacs.

La carpe commune est réputée affectionner les zones encombrées, les proximités de «fosses». Les zones de confort, de tenus évoluent selon la saison, le contexte et la biocénose. La carpe commune est un poisson rustique et omnivore qui se prête aisément à l'élevage.



Figure II.10. La carpe commune

3. La carpe argenté :

La carpe argentée est un poisson d'eau douce originaire des cours d'eau tièdes et profonds des lacs de Chine et du bassin de l'amour. La carpe argentée se distingue par : un corps haut et comprimé latéralement ; une bouche supérieure et dépourvue de barbillon supérieur ; un œil situé au-dessus de la ligne médiane du corps ; une tête large ; et des petites écailles. La couleur du dos est sombre, les flancs et le ventre sont gris chez les adultes et argentés chez les jeunes. La carpe argentée est phytoplanctonophage, les branchiospines constituent le principal moyen de filtration. Les larves se nourrissent de zooplanctons. Cette espèce peut consommer deux ou trois fois son poids de phytoplancton chaque jour. Son activité nutritive cesse en dessous de 15°C.[38]



Figure II.11. Carpe Argenté (Biskra)

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

II.6. Procédés de traitement des eaux potables :

L'eau potable répond à de très grandes exigences de qualité. Cependant, les eaux brutes qu'elles soient souterraines ou superficielles ne remplissent pas toujours les critères requis en termes de qualité chimique et microbiologique. C'est la raison pour laquelle l'eau doit être traitée avant d'être consommée. Souvent pourtant - comme le savent bien les responsables de stations de traitement, les services cantonaux concernés et les bureaux d'ingénieurs conseil - choisir le traitement le mieux adapté à un type d'eau peut poser problème, car il existe en général plusieurs procédés possibles, chacun avec ses avantages et ses inconvénients. Les faits montrent d'ailleurs que malgré le traitement qu'elle subit, l'eau potable du réseau enregistre régulièrement des dépassements de valeurs de tolérance, surtout en matière de microorganismes. [39]

II.7. Présentation de la station de traitement d'AIN ZADA :

a- Présentation de l'usine et les différentes étapes de traitement : [40]

L'usine des eaux d'Ain Zada est constituée de deux files de traitement d'une capacité nominale de 900 l/s (3240 m³/h).

L'usine actuelle a été construite en 1991, quatre ans après la mise en service du barrage. Le programme initial de travaux prévoyait le doublement à terme de la capacité de traitement en vue d'un débit de 1 800 l/s (6 480 m³ /h). Les travaux dont la consultation est en cours visent, en fait, à augmenter la capacité de traitement actuelle de 50% et de la porter à 4 860 m³/h.

La filière est ainsi constituée des éléments suivants :

- **Prise d'eau dans le barrage :** La prise d'eau est effectuée dans le barrage à deux niveaux, l'un prioritaire en surface situé à la cote de 848 m, le second à une dizaine de mètres de profondeur. L'eau brute est acheminée vers l'usine par l'intermédiaire d'une conduite de diamètre Ø 1000, équipée à l'entrée de l'usine de deux vannes successives, l'une manuelle et la seconde automatique pour la régulation du débit. Faute d'un fonctionnement satisfaisant du débitmètre d'eau brute, il n'y a pas réellement de régulation de débit, c'est le positionnement de la vanne manuelle qui permet de déterminer le débit entrant en traitement.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

- **Pré-oxydation au chlore :** Le traitement de pré-chloration consiste, en fonctionnement normal en une injection d'eau chlorée, et en cas de rupture de stock de chlore par une injection d'hypochlorite de sodium
- **Coagulation, floculation, décantation :** Le process est organisé autour de deux filières de traitement identiques composées :
 - D'un flash-mixing dans lequel s'opère le mélange rapide du coagulant (sulfate d'alumine). Il s'agit d'un ouvrage équipé d'un agitateur où le temps de séjour de l'eau brute est d'environ 2 minutes,
 - d'un compartiment de floculation équipé de deux brasseurs lents, dans lequel le floc d'hydroxyde se forme après un temps de contact de 15 minutes. La floculation est facilitée par une injection de polymère
 - d'un décanteur circulaire de 38 m de diamètre, et d'une hauteur en périphérie de 3 m. L'ouvrage est équipé d'un pont diamétral racleur, avec une pente au radier d'environ 3%. Les boues raclées sont récupérées dans un fût central d'où elles sont extraites par gravité (vannes automatiques sur conduites d'extraction) vers un bassin de collecte

Les boues en excès sont éliminées vers le réseau d'égout. Le circuit de recirculation des boues est lavable par injection d'eau décantée.

- **Filtration sur sable :** L'eau est ensuite acheminée du collecteur commun des eaux clarifiées des deux décanteurs vers deux batteries de cinq filtres à sable rectangulaires ; Les filtres à sable fonctionnent à niveau d'eau constant. Le débit est régulé par une vanne automatique sur la conduite d'évacuation des eaux filtrées, reliée à une sonde piézométrique. Un turbidimètre permet de contrôler la turbidité de l'eau en sortie des filtres.

Les eaux propres de lavage des filtres proviennent de deux bâches d'eau de lavage, une par batterie de cinq filtres, d'un volume total de 450 m³, alimentées gravitairement et en direct par l'eau filtrée.

Les eaux filtrées après leur passage dans les réservoirs d'eau de lavage transitent par surverse dans une chambre commune d'eau filtrée avant de rejoindre les réservoirs d'eau traitée. A noter que les déflecteurs situés dans ce réservoir à l'extrémité des conduites d'eau filtrée se sont tous détachés de leur support

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU LIEU D'ETUDE

- **Désinfection** : La phase finale du traitement consiste en une chloration au niveau de la chambre d'eau filtrée. Comme en pré-oxydation, le chlore est injecté sous forme d'eau chlorée.
- **Refoulement de l'eau traitée vers les différents réservoirs** : L'eau traitée est stockée dans un réservoir d'un volume utile de 10 000 m³, non chicané. Une chambre de mesure de la qualité de l'eau est située près des réservoirs. Elle permet le contrôle en continu des principaux paramètres de qualité que sont le pH, la turbidité et la conductivité. Comme pour l'eau brute, cette instrumentation n'est pas opérationnelle.

II.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté la localisation et le rôle du barrage d'AIN ZADA de la wilaya de Bordj Bou Arreridj ainsi qu'une description générale des ouvrages du barrage. L'empoissonnement de barrage d'AIN ZADA a fait l'objet de la deuxième partie de ce chapitre afin de déterminer et analyser les concentrations des métaux lourds dans la chair de ces poissons et de l'eau.

CHAPITRE III :

MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.1. Introduction :

Le projet auquel se rapporte ce travail concerne l'étude sur les métaux lourds. Ces éléments sont parmi les produits à usage déversent dans le milieu aquatique.

Les matrices choisies dans cette étude sont les poissons et l'eau de barrage d'Ain zada. Les poissons sont largement considérés comme de bon indicateurs de la contamination du milieu aquatique dans lequel elles vivent, puisqu'elles possèdent la propriété d'accumuler les contaminations présents dans ce milieu jusqu'à atteindre avec lui. Ce phénomène de bioaccumulation est à l'origine d'un facteur de concentration entre le milieu et l'organisme.

Les poissons qui filtrent en continu l'eau de barrage pour se nourrir et respirer concentrent des quantités énormes d'éléments traces si l'eau est polluée. Par contre, elle « relargue » ces éléments si elle se trouve dans une eau propre. Cette biologie particulière désigne cet organisme comme un témoin irréfutable de la pollution aquatique au même titre que certains organismes planctoniques de barrage.

Les métaux présents dans les eaux peuvent être libérés, se déplacer dans la chaîne alimentaire et contaminer les poissons. Il est important mentionner les interactions existants entre les deux matrices et les métaux lourds. Les métaux recherchés sont au nombre de six dont trois, sont essentiel à la vie aquatique, seulement à l'état de trace : Zn, Cu, Co et les trois autres sont toxiques Pb, Cd, et Ni, mais les métaux qu'on a étudié sont : Zn, Cu, Co, Cd et le Pb.

III.2. Stations de prélèvement :

- A- Evacuateur de crues
- B- Oued Ain Taghrout
- C- Oued Boussellam
- D- La digue
- E- Oued kharoua

III.3. Le travail pratique réalisé :

III.3.1. Matériel de laboratoire :

Les métaux lourds à étudier sont : Cd, Pb, Co, Zn, Cu

- Spectrophotomètre d'absorption atomique (SAAE) de type AA-6800 shimadz
- Une étuve

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

- Un agitateur magnétique
- Erlenmeyers à col rodé de 100 ml
- Equipement de sécurité (gant antiacides ; masque)
- La verrerie
- Fiole jaugé de 100 ml en polypropylène
- Eprouvette de 25 ml, 50 ml
- Pipette en verres gradués de 1ml, 5 ml, 10 ml,
- Une balance de précision
- Une plaque chauffante

III.3.2. Réactifs :

- Acide nitrique HNO_3 ;
- Les échantillons d'eaux de barrage ;
- Les échantillons des poissons.

III. 3.3. Préparation des échantillons :

a- Préparation des flacons d'échantillonnage (étiquetage et identification) :

Nous avons utilisé des échantillons d'eau de barrage de deux dates différentes ; Trois du 18/04/2021 et Six (6) du 20/04/2021.

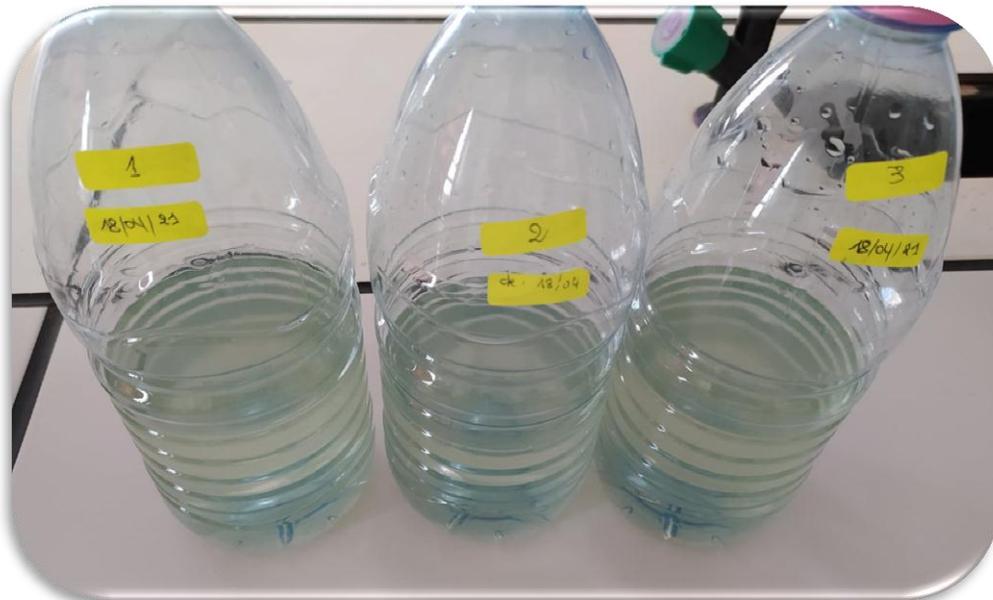


Figure III.1. La préparation des échantillons



Figure III.2. Échantillonnage et étiquetage

b- Echantillonnage et traitement

- Le nombre des échantillons dépendra du temps pour la réalisation du mémoire.
- Pour chaque échantillon d'eau on mesure la température et le pH, la conductivité.
- Les échantillons des eaux et de poissons seront minéralisés par attaque à l'acide nitrique à chaud pendant au moins 1 heure.

Les échantillons préparés seront conservés à température ambiante

c- Technique d'analyse :

✓ Le protocole d'analyse pour l'eau :

- Introduit 100 ml l'échantillon à analyser dans un bêcher.
- Ajouter de 20 à 25 ml d'acide nitrique concentré (HNO_3).
- L'échantillon est ensuite minéralisé par voie humide, sur une plaque chauffante jusqu'à la minéralisation totale.
- La préparation de l'échantillon faite sous une hotte ventilée, car il peut y avoir formation de vapeurs toxique.
- Laisser refroidir pendant 20 mn.

L'échantillon est ainsi prêt pour l'analyse.

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

A- Le dosage : l'attaque par l'acide HNO_3 : en utilisant l'acide nitrique HNO_3 pour éliminer la matière organique : On peut déjà voir un résultat même avant la minéralisation :

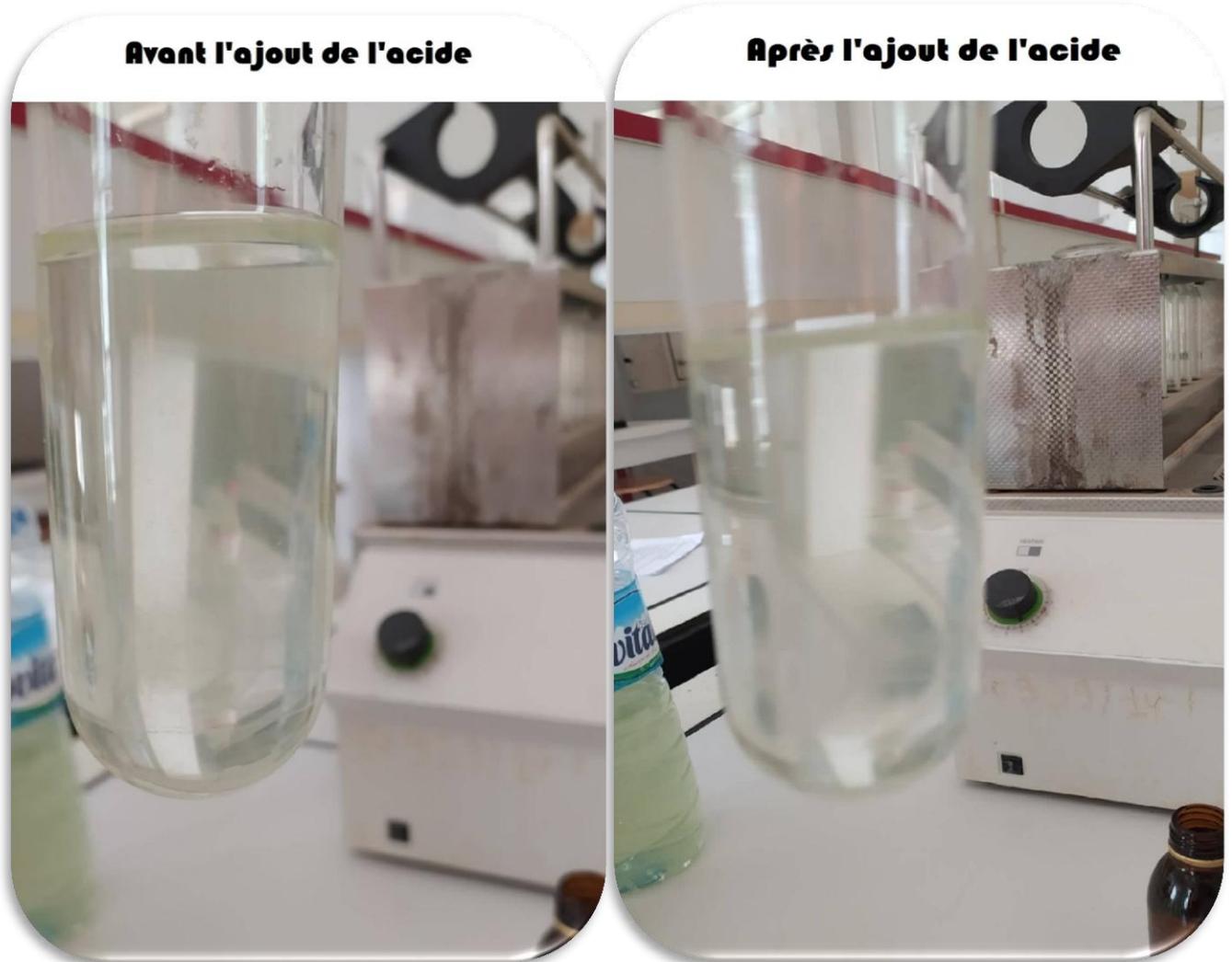


Figure III.3. Dissolution des échantillons dans l'acide nitrique

B- La minéralisation : L'étape de minéralisation est réalisée avec la méthode «attaque à acide chaud» en utilisant l'acide nitrique HNO_3 pour éliminer la matière organique. Dans un flacon, mettre 100 ml de notre échantillon, ajouter 20 ml d'acide nitrique HNO_3 . Le flacon est ensuite chauffé à l'étuve à une température de 100°C pendant une durée d'environ 01 heure ; on fait cette étape pour tous les échantillons.

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

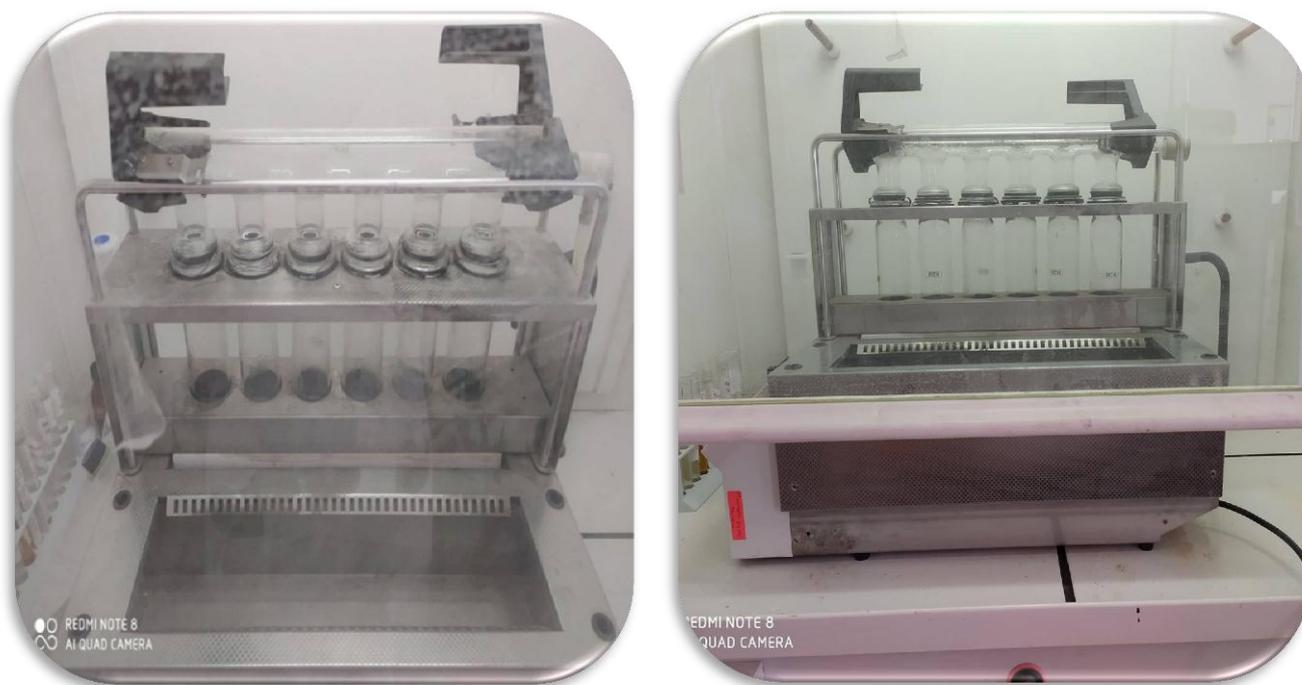


Figure III.4. Le minéralisateur utilisé

C- Le refroidissement : on les laisse refroidir pendant 20 mn.



Figure III.5. Les échantillons préparés

Le dosage des ETM (Cd, Zn et Cu) a été réalisé avec la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

✓ Le protocole d'analyse pour les poissons :

- Sécher un morceau de poisson dans une étuve pendant 2 heures à température de 105°C.
- Peser 2g de chair de poisson sécher dans un creuset et verser le contenu dans un bêcher de 500 ml, ajouter 2g de K_2SO_4 et de 20 à 25 ml de HNO_3 avec l'eau distillée.
- L'échantillon est ensuite minéralisé par voie humide, sur une plaque chauffante jusqu'à la minéralisation totale.
- La préparation de l'échantillon faite sous une hotte ventilée, car il peut y avoir formation de vapeurs toxiques
- Transvaser le contenu de bêcher dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée, après refroidissement et agitation.

L'échantillon est ainsi prêt pour l'analyse.

III.3.4. Préparation des solutions étalons :

III.3.4.1. Préparation des standards

On a préparé des solutions filles à partir des solutions mères qui sont prêtes à l'emploi.

Le tableau qui suit donne les concentrations des différents standards. (Cu, Co, Zn, Cd et Pb)

Ces standards vont nous permettre de tracer les différentes courbes d'étalonnage

Tableau III.1. Concentration de différentes solutions standards

Elément/standard	STD ₁ (ppm)	STD ₂ (ppm)	STD ₃ (ppm)
Cd	0,375	0,75	1,5
Cu	1	2	4
Co	1,75	3,5	7
Pb	5	10	20
Zn	0.25	0,5	1

III.4. L'analyse des ETM par SAA

Le dosage des éléments (Cd, Cu, Co, Pb, Zn) dans les eaux et dans les poissons ont été effectué par spectrométrie d'absorption atomique de type SHIMADZU AA 6800 par la technique de la flamme.



Figure III.6. L'analyse des ETM par SAA par la technique de la flamme

III.5. Généralité sur la spectroscopie d'adsorption atomique :

III.5.1. Introduction à la technique

La spectroscopie d'absorption atomique depuis son avènement comme technique d'analyse incontournable pour les dosages des espèces métalliques, n'a cessé d'évoluer dans le sens de l'accroissement de sa sensibilité, sa fiabilité et sa reproductibilité.

Cette technique qui emploie les transitions électroniques à travers l'excitation des électrons en les transformant en signaux électroniques via un dispositif assez complexe mais performant et simple d'utilisation, a toujours été associée au dosage des éléments traces métalliques (ETM) dans leur différentes matrices. Cependant, avec le développement parallèle de nouvelles techniques concurrentielles comme l'émission atomique par plasma ou la chromatographie ionique, ou encore l'utilisation des électrodes spécifiques, l'absorption atomique s'est vu suivre cette évolution par l'introduction de nouveaux systèmes de nébulisation, d'excitation et de correction d'interférences tels que l'effet Zeeman ou l'atomisation dans un four à graphite.[41]

III.5.2. Définition :

La spectrométrie d'absorption atomique (AAS) est une technique décrite pour la première fois par en 1955 par Walsh. Elle étudie les absorptions de lumière par l'atome libre. C'est une des principales techniques mettant en jeu la spectroscopie ou spectrométrie atomique dans le domaine UV-visible utilisée en analyse chimique. Elle permet de doser

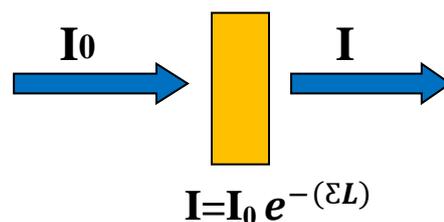
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

plus de soixante-dix éléments chimiques (métaux et non-métaux) du tableau de Mendeleïev. Les applications sont nombreuses étant donné qu'on atteint couramment des concentrations inférieures au mg/L (ppm). [42]

III.5.3. Principe de fonctionnement :

L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique. Le spectre d'absorption atomique d'un élément est constitué d'une série de raies de résonance, tous originaires de l'état électronique fondamentale et finissent dans différents états excités. En général, la raie de la transition entre l'état fondamental et le premier état excité définit la plus forte capacité d'absorption, et c'est la raie habituellement utilisée. Les transitions entre l'état fondamental et l'état excité se produisent uniquement lorsque le rayonnement incident, provenant d'une source lumineuse, est exactement égale à la fréquence d'une transition spécifique. Une partie de l'énergie de la radiation incidente I_0 est absorbée. Le rayonnement émis est donné par I ; où ϵ est le coefficient d'absorption de l'élément à analyser et L est la longueur du trajet horizontal du rayonnement à travers la chambre d'absorption.

L'absorption atomique est déterminée par la variation de la puissance rayonnante du faisceau incident en présence et en absence d'atomes analytes dans l'atomiseur. La largeur de la raie émise par la source lumineuse doit être plus petite que la largeur de la raie absorbée de l'analyte. La quantité d'énergie absorbée, à partir d'un faisceau de rayonnement pour la longueur d'onde d'une raie de résonance, augmentera avec l'augmentation du nombre d'atomes de l'élément sélectionné dans la chambre d'absorption. La relation entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de l'analyte présent dans les standards peut être déterminée. On peut déterminer les concentrations des échantillons en comparant les quantités de rayonnement absorbé par ces derniers avec la quantité de radiation absorbé par les standards. La lecture de l'instrument peut être calibrée de façon à afficher les concentrations de l'échantillon directement. [43]



CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III .6. Caractéristiques de spectrométrie d'absorption atomique :

Tableau III.2. Caractéristiques de spectrométrie d'absorption atomique

	Rapidité	La limite de détection	Exactitude	Dosage
Flamme	200 ech/h	0.001- 0.02 ppm	1-2% erreur relative	solution et suspension
four	30 ech/h	0.002 – 0.01 ppb	2-5% erreur relative	solution, suspension et poudre

III.6.1. Sensibilité et limites de détection en SAA :

- **La sensibilité :** La concentration (mg/ml) qui en solution aqueuse, conduit à une diminution de la lumière transmise de 1% ($A=0.0044$)
- **La limite de détection :**

La concentration de l'élément qui donne un signal dont l'intensité est égale deux fois l'écart type d'une série d'au moins 10 mesures faites pour le blanc analytique (ou sur une solution très diluée).[44] La limite de détection correspond à la plus petite concentration mesurable pour un élément. Elle dépend bien sûr de la sensibilité mais également de la stabilité du signal d'absorbance ; un signal bruité ne permet pas de discerner de petites variations d'absorbance (Fig. 2). En revanche, un signal stable – une même solution donne toujours le même résultat – permettra de détecter de très faibles variations de concentration. La limite de détection est définie par l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) comme la concentration qui donne une absorbance trois fois supérieure au bruit de la ligne de base (sans analyte). Celui-ci est égal à l'écart type d'une série de dix mesures d'absorbance de la ligne de base.[45]

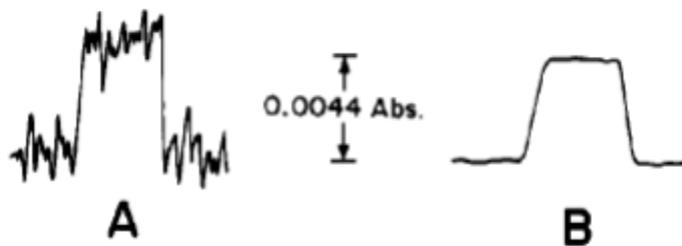


Figure III.7. Deux situations différentes avec la même sensibilité et des limites de détection différentes. Il est clair que dans le cas B, on peut distinguer de plus petites variations d'absorbance que dans le cas A où le signal est plus bruité

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.6.2. Appareillage :

Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique comportent quatre parties principales : [46]

- Le faisceau lumineux issu de la source (1).
- la chambre d'absorption (flamme ou four) (2) dans laquelle l'élément se trouve porté à l'état atomique.
- Monochromateur (3) qui sélectionne un intervalle très étroit de longueurs d'onde.
- Détecteurs (4)

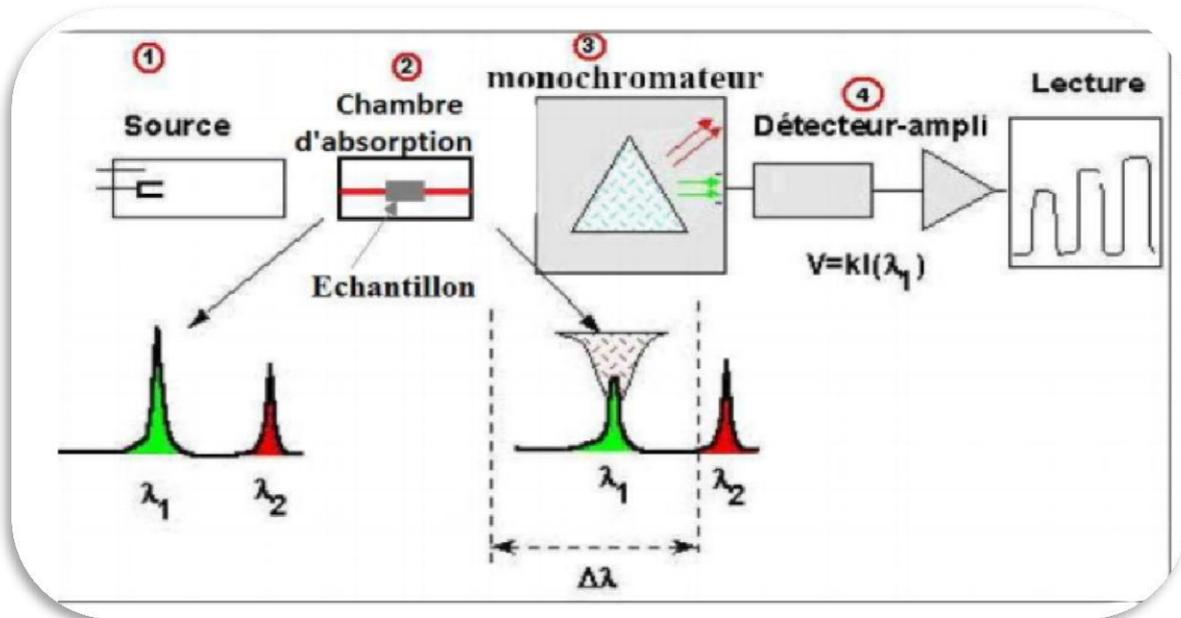


Figure III.8. Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique

Une petite quantité d'un de ces éléments, sous forme de sel, voire de combinaison avec un ou plusieurs autres éléments, est placée dans un bulbe de quartz contenant un gaz inerte. Le bulbe est placé dans un cylindre en céramique entouré par une bobine. Lorsque le courant passe dans la bobine, un champ se crée, ionise le gaz inerte et excite les atomes se trouvant à l'intérieur du bulbe, atomes qui émettent alors leur spectre caractéristique.[47]

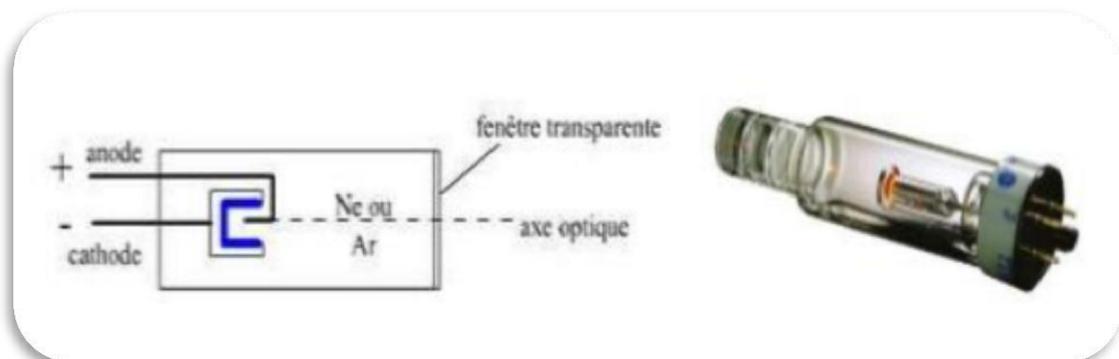


Figure III.9. Cathode creuse : source pour la spectrométrie d'absorption atomique

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

A- la flamme

Quand on utilise la flamme, on nébulise la solution grâce à un capillaire et un venturi qui fournit un fin aérosol de la solution (gouttelettes de quelques microns de diamètre), entraîné dans la flamme par les gaz qui l'alimentent.

Il faut noter que seulement quelques pour-cent de la solution se retrouvent dans la flamme et qu'après des phénomènes complexes de vaporisation, dissociation, recombinaison, on obtient une proportion plus ou moins forte d'atomes libres susceptibles d'absorber le rayonnement. C'est pour cela que l'on est obligé de préparer des étalons ayant composition (une matrice) aussi voisine que possible que celle des échantillons afin de maîtriser au mieux les phénomènes physico-chimiques (nébulisation, vaporisation, réactions chimiques) qui interviennent dans l'obtention des atomes libres à l'état fondamental.[47]

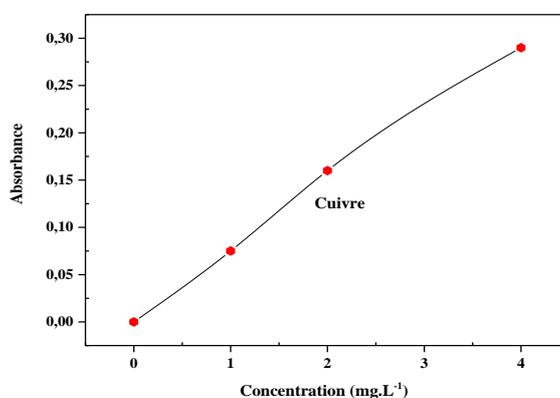
III.7. Les courbes d'étalonnages

a. Courbe d'étalonnage de Cuivre (Cu)

Le *Tableau III.3* représente les résultats obtenus par l'établissement de la droite d'étalonnage du Cuivre à partir des 03 solutions standards et cette courbe est représentée dans la *Courbe III.1*

Tableau III.3. : Concentration et absorbance du Cu dans la solution étalon

<i>Standards</i>	<i>Concentration (mg.L⁻¹)</i>	<i>Absorbance</i>
	0	0
<i>STD1</i>	1	0,075
<i>STD2</i>	2	0,16
<i>STD3</i>	4	0,29



Courbe III.1. Courbe d'étalonnage du cuivre

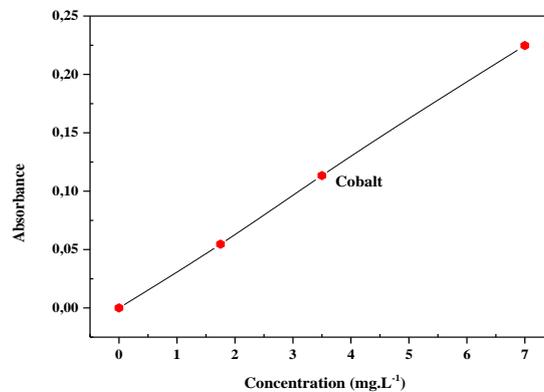
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

b. Courbe d'étalonnage de Cobalt (Co)

Le *Tableau III.4* représente les résultats obtenus par l'établissement de la droite d'étalonnage du fer à partir des 03 solutions standards et cette courbe est représentée dans la *Courbe III.2*.

Tableau III.4. Concentration et absorbance du Cobalt dans la solution étalon

<i>Standards</i>	<i>Concentration (mg.L⁻¹)</i>	<i>Absorbance</i>
	0	0
<i>STD1</i>	1,75	0,0078
<i>STD2</i>	3.5	0,0162
<i>STD3</i>	7	0,0321



Courbe III.2. Courbe d'étalonnage du cobalt

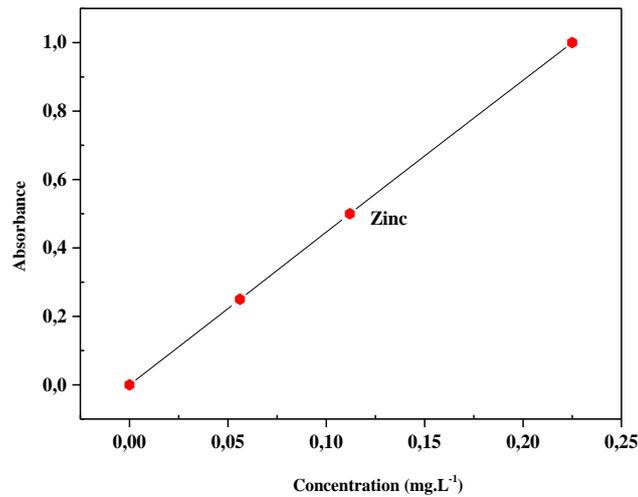
c. Courbe d'étalonnage de Zinc (Zn)

Le *Tableau III.5* représente les résultats obtenus par l'établissement de la droite d'étalonnage du Plomb à partir des 03 solutions standards et cette courbe est représentée dans la *Courbe III.3*.

Tableau III.5. Concentration et absorbance du Pb dans la solution étalon

<i>Standards</i>	<i>Concentration (mg.L⁻¹)</i>	<i>Absorbance</i>
	0	0
<i>STD1</i>	0,25	0,0234
<i>STD2</i>	0,5	0,047
<i>STD3</i>	1	0,094

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES



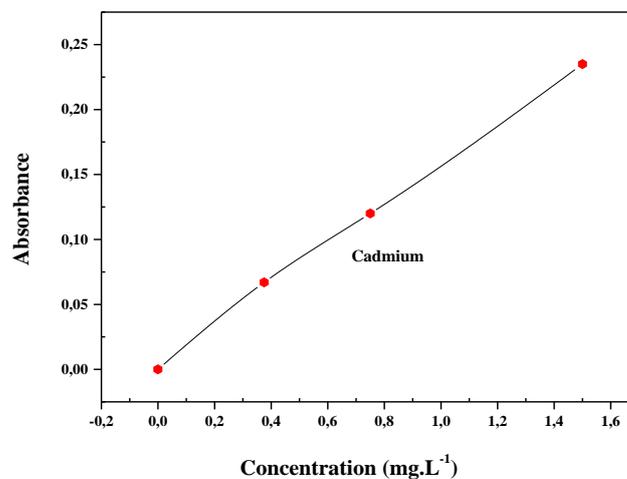
Courbe III.3. Courbe d'étalonnage du zinc

d. Courbe d'étalonnage de Cadmium (Cd)

Le *Tableau III.6* représente les résultats obtenus par l'établissement de la droite d'étalonnage du Cadmium à partir des 03 solutions standards et cette courbe est représentée dans la *Courbe III.4*

Tableau III.6. Concentration et absorbance du Cd dans la solution étalon

<i>Standards</i>	<i>Concentration (mg.L⁻¹)</i>	<i>Absorbance</i>
	0	0
<i>STD1</i>	0,375	0,0067
<i>STD2</i>	0,75	0,012
<i>STD3</i>	1,5	0,0235



Courbe III.4. : Courbe d'étalonnage du cadmium

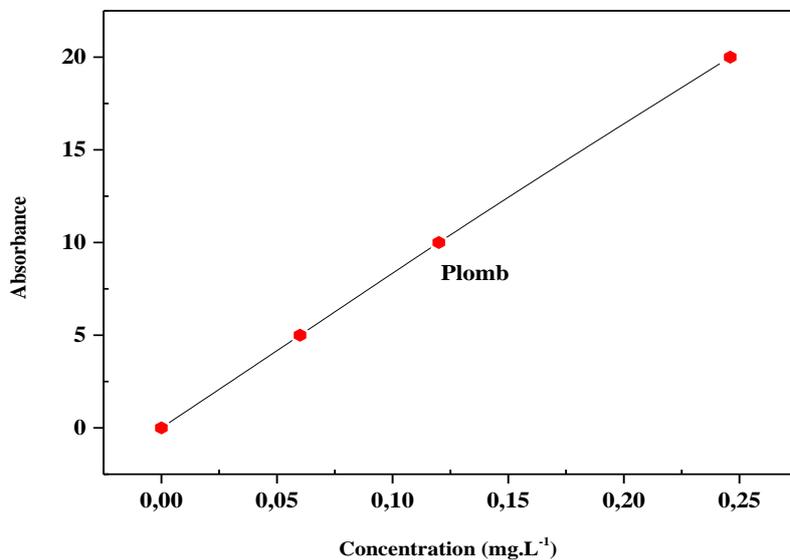
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

e. Courbe d'étalonnage de Plomb (Pb)

Le *Tableau III.7* représente les résultats obtenus par l'établissement de la droite d'étalonnage du Plomb à partir des 03 solutions standards et cette courbe est représentée dans la *Courbe III.5*

Tableau III.7. Concentration et absorbance du Pb dans la solution étalon

<i>Standards</i>	<i>Concentration (mg.L⁻¹)</i>	<i>Absorbance</i>
	0	0
<i>STD1</i>	5	0,006
<i>STD2</i>	10	0,012
<i>STD3</i>	20	0,0246



Courbe III.5. Courbe d'étalonnage du plomb

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Introduction :

Notre étude est une contribution de la contamination métallique par cinq métaux lourds (Cu, Cd, Co, Pb, Zn) chez Trois (03) poissons du barrage de AIN ZADA de Bordj Bou Arréridj.

Les concentrations de ces 5 polluants ont été déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme, nous avons pu doser 9 échantillons de l'eau et 3 échantillons des poissons.

IV.2. Résultats des analyses de barrage :

IV.2.1. Résultats des Analyses physico-chimiques

- **Mesure de la température :**

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. La température est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par un thermomètre.

- **Mesure du pH :**

Le pH a été mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combiné à 20°C. Il consiste à tremper l'électrode dans un bécher contenant l'eau à analyser selon la norme AFNOR, laissé stabiliser un moment, puis lire la valeur du pH. À chaque détermination du pH, retirer l'électrode rincer avec l'eau distillée et sécher (Norme NF T 90-017). La mesure du pH a été réalisée à l'aide du pH-mètre.

- **Mesure de la conductivité électrique :**

Pour la détermination de la conductivité un conductimètre est utilisé. Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. La mesure de la conductivité a été réalisée à l'aide du conductimètre.

Et ce sont les résultats que nous avons obtenus :

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau IV.1. Résultats de mesure du pH, T° et la conductivité

N° d'échantillon	pH	Conductivité électrique (uS/cm)	Température (C°)
01	8.25	1494 (1.494 mS)	22.8
02	8.16	1516 (1.516 mS)	22.7
03	8.19	1518 (1.518 mS)	22.4
04	8.74	1501 (1.501 mS)	22.2
05	7.84	1500 (1.5 mS)	22.1
06	8.66	1511 (1.511 mS)	21.7
07	8.67	1504 (1.504 mS)	21.7
08	8.78	1490 (1.49 mS)	21.8
09	8.79	1501 (1.501 mS)	21.3

IV.3. Etude des concentrations en métaux lourds dans l'eau de barrage d'Ain Zada :

Tableau IV.2. Limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Taux en métaux lourds)

Paramètres	Unités
Cuivre	2 mg.L ⁻¹
Cobalt	5 mg.L ⁻¹
Zinc	10µg.L ⁻¹
Cadmium	1µg.L ⁻¹
Plomb	

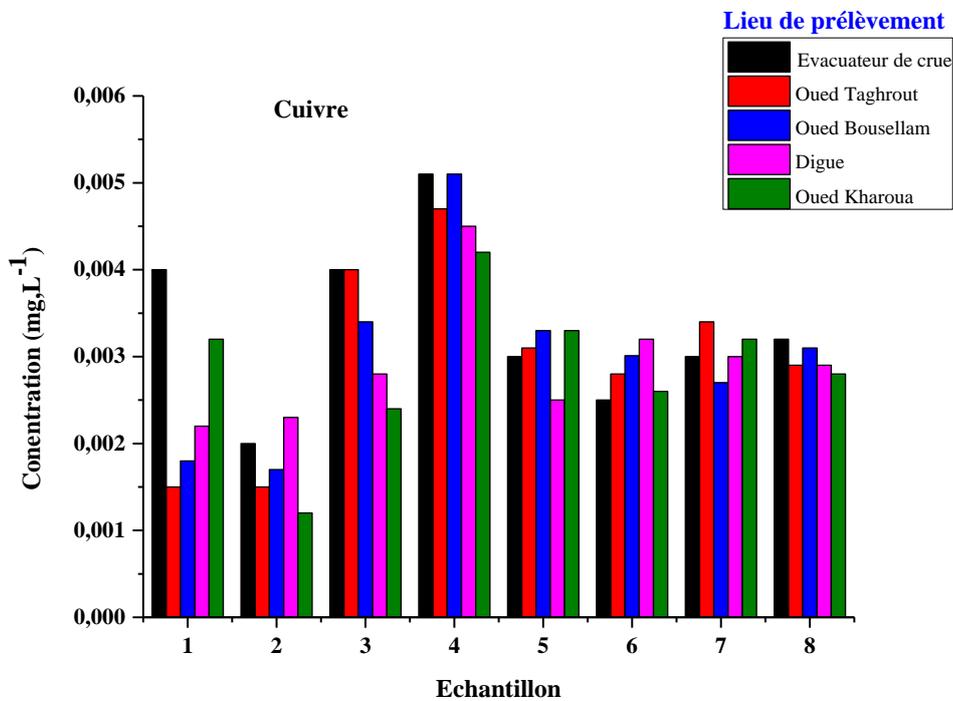
Les histogrammes suivants récapitulent les teneurs en ETM dans les cinq stations :

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

A- Le Cuivre

Tableau IV.3. Concentrations en Cuivre dans l'eau de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Lieu de prélèvement				
	Evacuateur de crues (mg/l)	Oued Aintaghrou (mg/l)	Oued Boussellam (mg/l)	Digue (mg/l)	Oued kharoua (mg/l)
1	0.004	0.0015	0.0018	0.0022	0.0032
2	0.002	0.0015	0.0017	0.0023	0.0012
3	0.004	0.004	0.0034	0.0028	0.0024
4	0.0051	0.0047	0.0051	0.0045	0.0042
5	0.003	0.0031	0.0033	0.0025	0.0033
6	0.0025	0.0028	0.00301	0.0032	0.0026
7	0.003	0.0034	0.0027	0.003	0.0032
8	0.0032	0.0029	0.0031	0.0029	0.0028
9	0.0028	0.0028	0.0032	0.027	0.0026



Histogramme IV.1. Evolution de la teneur en cuivre dans les différents échantillons d'eau

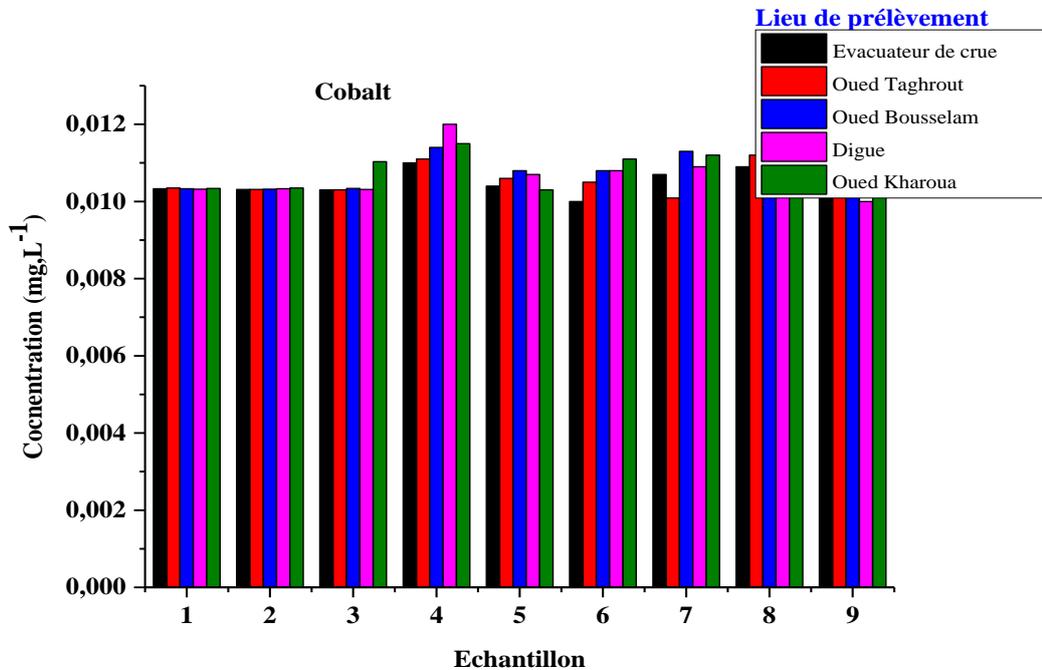
Les concentrations de cuivre durant la période d'étude dans les cinq lieux de prélèvement sont inférieures aux valeurs limites évaluée à 2 mg/l, et elles ne présentent aucun danger pour l'eau de barrage, La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station d'Oued Boussellam et d'Evacuateur de crues dans l'échantillon 4, la teneur moyenne minimale est observée au niveau de la station d'Oued Kharoua dans l'échantillon 2.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

B- Le Cobalt

Tableau IV.4. Concentrations en Cobalt dans l'eau de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Lieu de prélèvement				
	Evacuateur de crues (mg/l)	OuedAinTaghrout (mg/l)	Oued Boussellam (mg/l)	Digue (mg/l)	Oued kharoua (mg/l)
1	0.01033	0.01035	0.01033	0.01032	0.01034
2	0.01031	0.01031	0.01032	0.01033	0.01035
3	0.0103	0.0103	0.01034	0.01031	0.011031
4	0.0110	0.0111	0.0114	0.0120	0.0115
5	0.0104	0.0106	0.0108	0.0107	0.0103
6	0.0100	0.0105	0.0108	0.0108	0.0111
7	0.0107	0.0101	0.0113	0.0109	0.0112
8	0.0109	0.0112	0.0109	0.0109	0.0107
9	0.0104	0.0109	0.0103	0.0100	0.0107



Histogramme IV.2. Evolution de la teneur en cobalt dans les différents échantillons d'eau

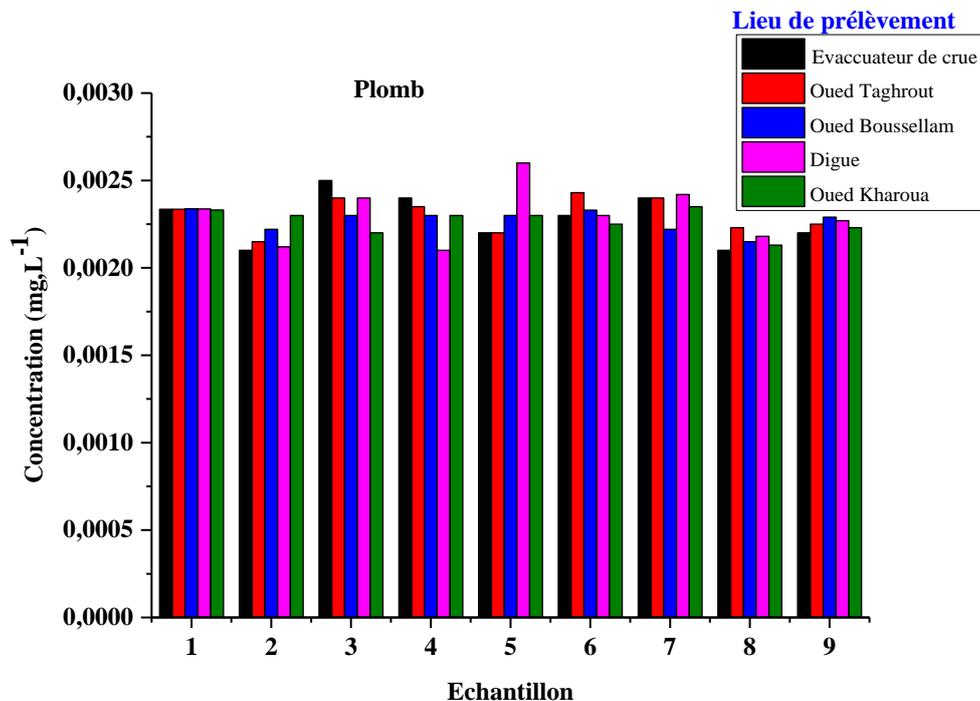
Les concentrations en Cobalt obtenues durant la période d'étude sont très inférieures aux valeurs limites évalués à 1,5 mg/l dans tous les lieux de prélèvement, cela indique que l'eau n'est pas contaminée par du cobalt et ne présente aucun danger, on remarque que la concentration de Cobalt de la station de Digue dépasse celles de toutes les autres stations étudiées avec une valeur de 0,0120 mg/l dans l'échantillon 4, et la plus faible valeur est observée au niveau de deux lieux d'Evacuateur de crues dans l'échantillon 6 et de digue dans l'échantillon 9 avec une valeur de 0,0100 mg/l.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

C- Le Plomb :

Tableau IV.5. Concentrations en Plomb dans l'eau de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Lieu de prélèvement				
	Evacuateur de crues (mg/l)	OuedAinTaghrou (mg/l)	Oued Boussellam (mg/l)	Digue (mg/l)	Oued kharoua (mg/l)
1	0.002335	0.002335	0.002338	0.002337	0.00233
2	0.0021	0.00215	0.00222	0.00212	0.0023
3	0.0025	0.0024	0.0023	0.0024	0.0022
4	0.0024	0.00235	0.0023	0.0021	0.0023
5	0.0022	0.0022	0.0023	0.0026	0.0023
6	0.0023	0.00243	0.00233	0.00230	0.00225
7	0.0024	0.0024	0.00222	0.00242	0.00235
8	0.0021	0.00223	0.00215	0.00218	0.00213
9	0.0022	0.00225	0.00229	0.00227	0.00223



Histogramme IV.3. Evolution de la teneur en plomb dans les différents échantillons d'eau

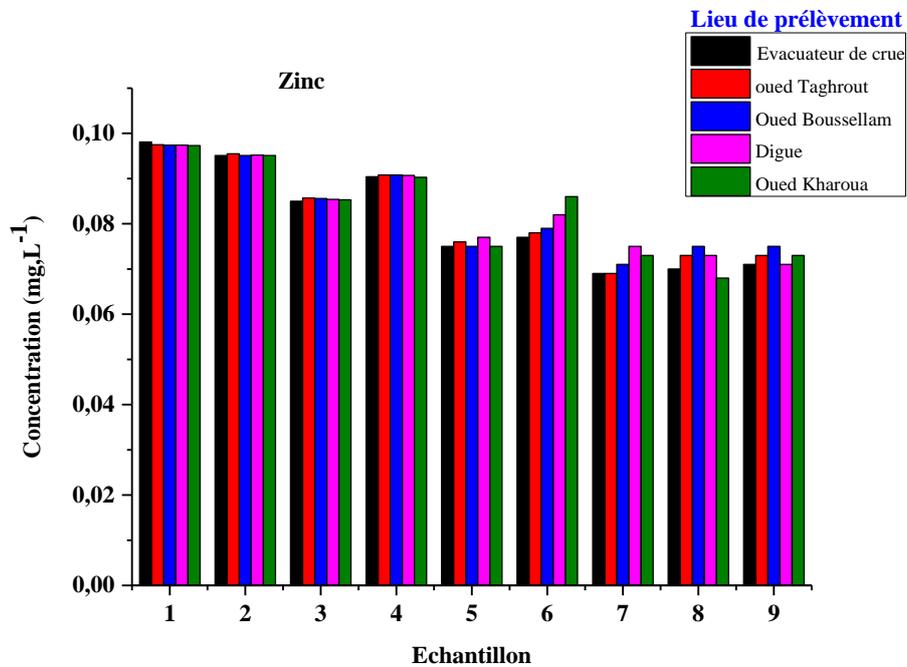
D'après l'histogramme, on remarque que les concentrations de plomb dans les cinq stations de prélèvement sont inférieures à la valeur limite évaluée à 10µg/l (0,01 mg/l), La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station de digue de 0,0026mg/l dans l'échantillon 5, et la teneur la plus faible est observée au niveau de la station d'Evacuateur de crues dans l'échantillon 2 et 8 et de la station de digue dans l'échantillon 4 de valeur de 0,0021mg/l.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

D- Le Zinc

Tableau IV.6. Concentrations en Zinc dans l'eau de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Evacuateur de crues (mg/l)	OuedAintaghrou (mg/l)	Oued Boussellam (mg/l)	Digue (mg/l)	Oued kharoua (mg/l)
1	0.0981	0.0975	0.0974	0.0974	0.0973
2	0.0951	0.0955	0.0951	0.0952	0.0951
3	0.085	0.0857	0.0856	0.0854	0.0853
4	0.0904	0.0908	0.0908	0.0907	0.0903
5	0.075	0.076	0.075	0.077	0.075
6	0.077	0.078	0.079	0.082	0.086
7	0.069	0.069	0.071	0.075	0.073
8	0.070	0.073	0.075	0.073	0.068
9	0.071	0.073	0.075	0.071	0.073



Histogramme IV.4. Evolution de la teneur en zinc dans les différents échantillons d'eau

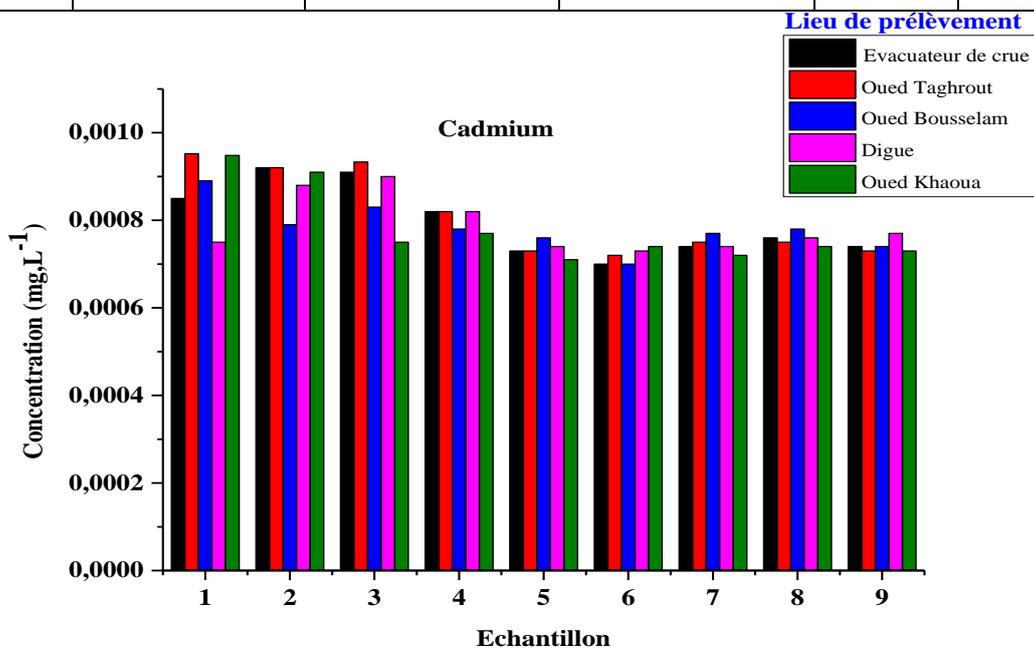
On constate que les concentrations de Zinc dans l'eau de barrage dans les cinq stations restent très faibles par rapport à la valeur limite évaluée à 5 mg/l, donc il présente aucun danger pour l'eau de barrage, la valeur maximale est enregistrée au niveau de la zone d'Evacuateur de crues de 0,0981 mg/l, dans, l'échantillon 1, et la valeur minimale est observée au niveau de la zone d'Oued Kharoua de 0,068 mg/l dans l'échantillon 8.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

E- Le Cadmium

Tableau IV.7. Concentrations en Cadmium dans l'eau de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Lieu de prélèvement				
	Evacuateur de crues (mg/l)	OuedAintaghrou (mg/l)	Oued Boussellam (mg/l)	Digue (mg/l)	Oued kharoua (mg/l)
1	0.00085	0.000952	0.00089	0.00075	0.000948
2	0.00092	0.00092	0.00079	0.00088	0.00091
3	0.00091	0.000933	0.00083	0.0009	0.00075
4	0.00082	0.00082	0.00078	0.00082	0.00077
5	0.00073	0.00073	0.00076	0.00074	0.00071
6	0.0007	0.00072	0.0007	0.00073	0.00074
7	0.00074	0.00075	0.00077	0.00074	0.00072
8	0.00076	0.00075	0.00078	0.00076	0.00074
9	0.00074	0.00073	0.00074	0.00077	0.00073



Histogramme IV.5. Evolution de la teneur en cadmium dans les différents échantillons d'eau

D'après l'histogramme, on remarque que les concentrations de Cadmium dans les cinq stations de prélèvement sont inférieures à la valeur limite évaluée à 5µg, ce qui montre que l'eau n'est pas contaminée par du cadmium, et qu'elle ne présente aucun danger pour l'environnement et l'eau, La valeur maximale est enregistrée au niveau de la zone d'Oued Ain Taghrou de 0,000952 mg/l, dans l'échantillon 1 et la valeur minimale est observée au niveau de la ;zone d'Evacuateur de crues et d'Oued Boussellam dans l'échantillon 6 de valeur 0,0007 mg/l.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

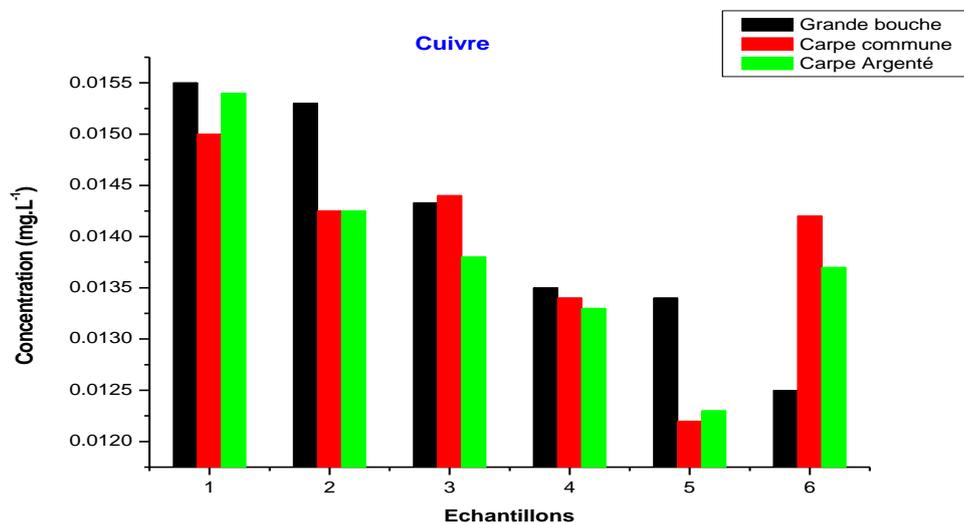
- Les teneurs de ces métaux rencontrées dans les eaux du barrage d'Ain zada sont très inférieures aux normes ce qui indique que l'eau n'est pas polluée et ne présente aucun danger pour la santé humaine et l'environnement.

IV.4. Etude des concentrations en métaux lourds dans l'eau de barrage d'Ain Zada : Interprétation des poissons :

A- Le Cuivre :

Tableau IV.8. Concentrations en Cuivre dans les poissons de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Type de poissons		
	Grande bouche (mg/Kg)	Carpe commune (mg/Kg)	Carpe argentée (mg/Kg)
1	0.0155	0.015	0.0154
2	0.0153	0.01425	0.01425
3	0.01433	0.0144	0.0138
4	0.0135	0.0134	0.0133
5	0.0134	0.0122	0.0123
6	0.0125	0.0142	0.0137



Histogramme IV.6. Evolution de la teneur en cuivre dans les différents échantillons de poissons

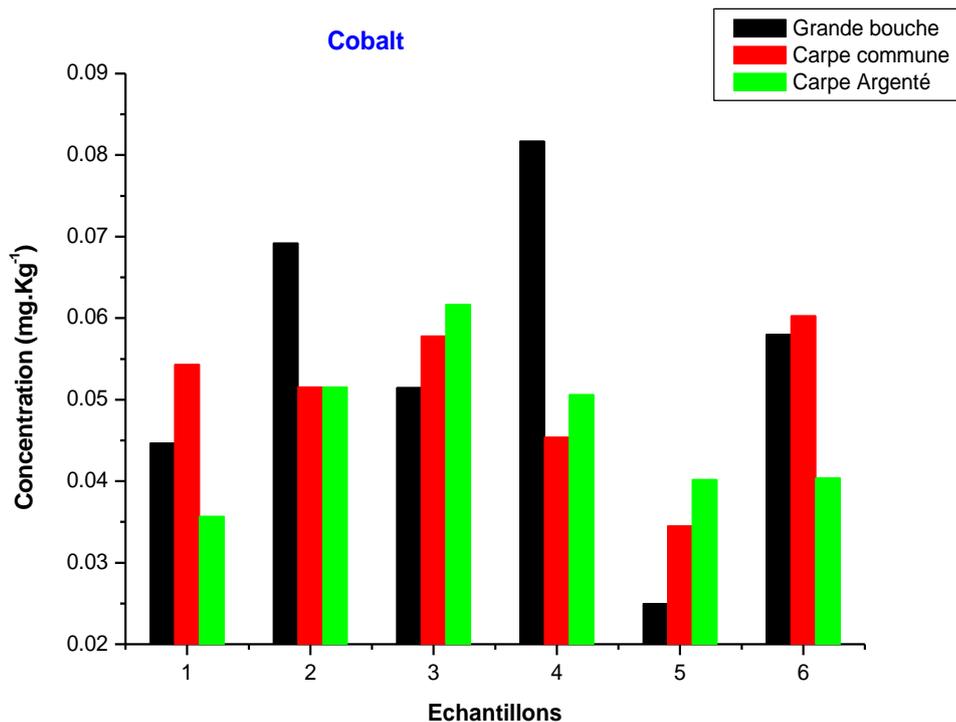
Les teneurs moyennes en cuivre dans les chairs de poisson sont plus faibles, les teneurs minimales sont observées en carpe commune de 0,0122 mg/Kg dans l'échantillon 5, et les teneurs maximales sont observées en grande bouche de 0,0155 mg/Kg dans l'échantillon 1, mais elles ne sont pas inquiétantes, car inférieures à la limite donnée par l'OMS.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

B- Le Cobalt :

Tableau IV.9. Concentrations en cobalt dans les poissons de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Type de poisson		
	Grande bouche (mg/Kg)	Carpe commune (mg/Kg)	Carpe argentée (mg/Kg)
1	0.0447	0.0543	0.0357
2	0.0692	0.05155	0.05155
3	0.0515	0.0578	0.0617
4	0.0817	0.0454	0.0506
5	0.0250	0.0345	0.0402
6	0.0580	0.0603	0.0404



Histogramme IV.7. Evolution de la teneur en Cobalt dans les différents échantillons de poissons

En 2020, il n'existe toujours pas de norme réglementaire de qualité de l'eau de surface, de nappe ou potable pour le cobalt dans l'Union européenne ni aux Etats-Unis.

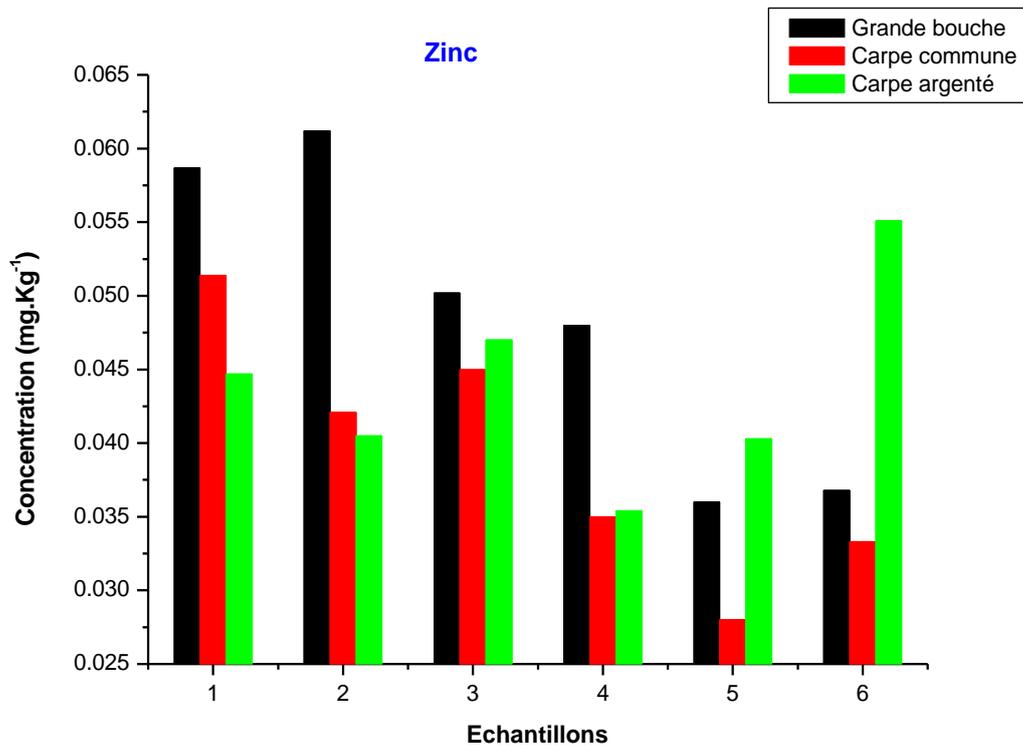
Une étude s'est basée sur des algues, une plante aquatique et quelques espèces d'invertébrés et de poissons classiquement utilisées pour les tests de toxicité aiguë et chronique, afin de proposer des seuils pour une future norme.[48]

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

C- Le Zinc :

Tableau IV.10. Concentrations en zinc dans les poissons de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Type de poisson		
	Grande bouche (mg/Kg)	Carpe commune (mg/Kg)	Carpe argentée (mg/Kg)
1	0.0587	0.0514	0.0447
2	0.0612	0.0421	0.0405
3	0.0502	0.0450	0.0470
4	0.0480	0.0350	0.0354
5	0.0360	0.0280	0.0403
6	0.0368	0.0333	0.0551



Histogramme IV.8. Evolution de la teneur en Zinc dans les différents échantillons de poissons

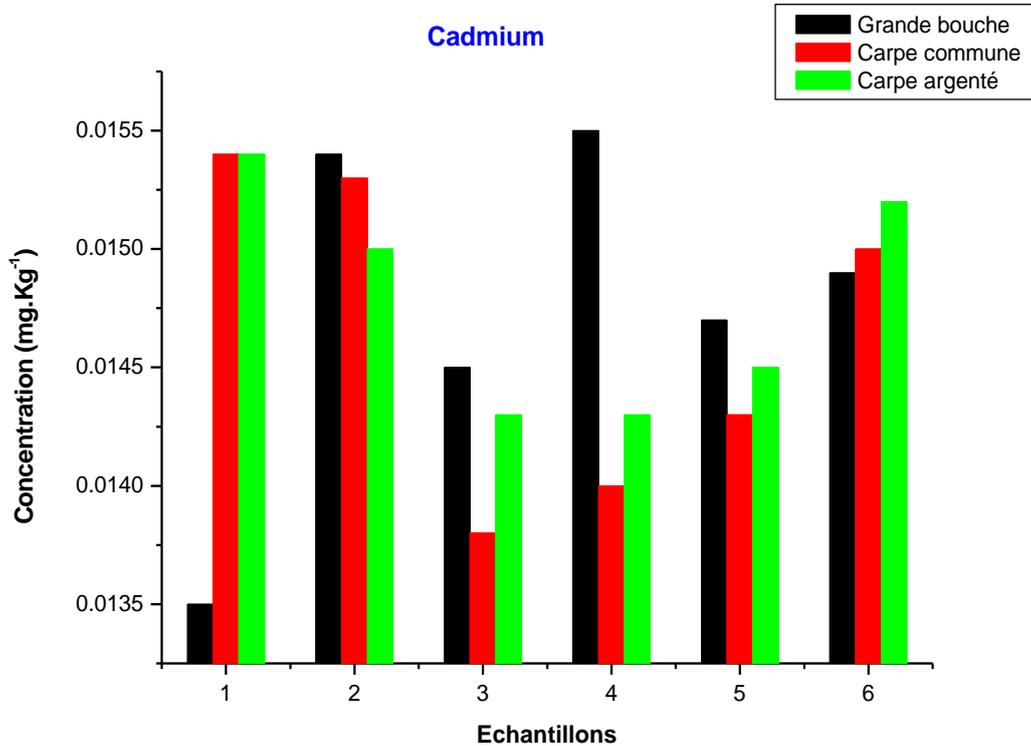
Les teneurs en Zinc dans les chairs des trois poissons étudiés sont inférieures à la recommandation de 35 ppm de pois frais donnée par la société des experts chimistes de France, la valeur maximale est enregistrée en grande bouche avec valeur de 0,0612 mg/Kg dans l'échantillon 2, et la plus faible teneur observée en carpe commune de 0,0280 mg/Kg, dans l'échantillon 5.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

D- Le Cadmium :

Tableau IV.11. Concentrations en Cadmium dans les poissons de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Type de poisson		
	Grande bouche (mg/Kg)	Carpe commune (mg/Kg)	Carpe argentée (mg/Kg)
1	0.0135	0.0154	0.0154
2	0.0154	0.0153	0.0150
3	0.0145	0.0138	0.0143
4	0.0155	0.0140	0.0143
5	0.0147	0.0143	0.0145
6	0.0149	0.0150	0.0152



Histogramme IV.9. Evolution de la teneur en Cadmium dans les différents échantillons de poissons

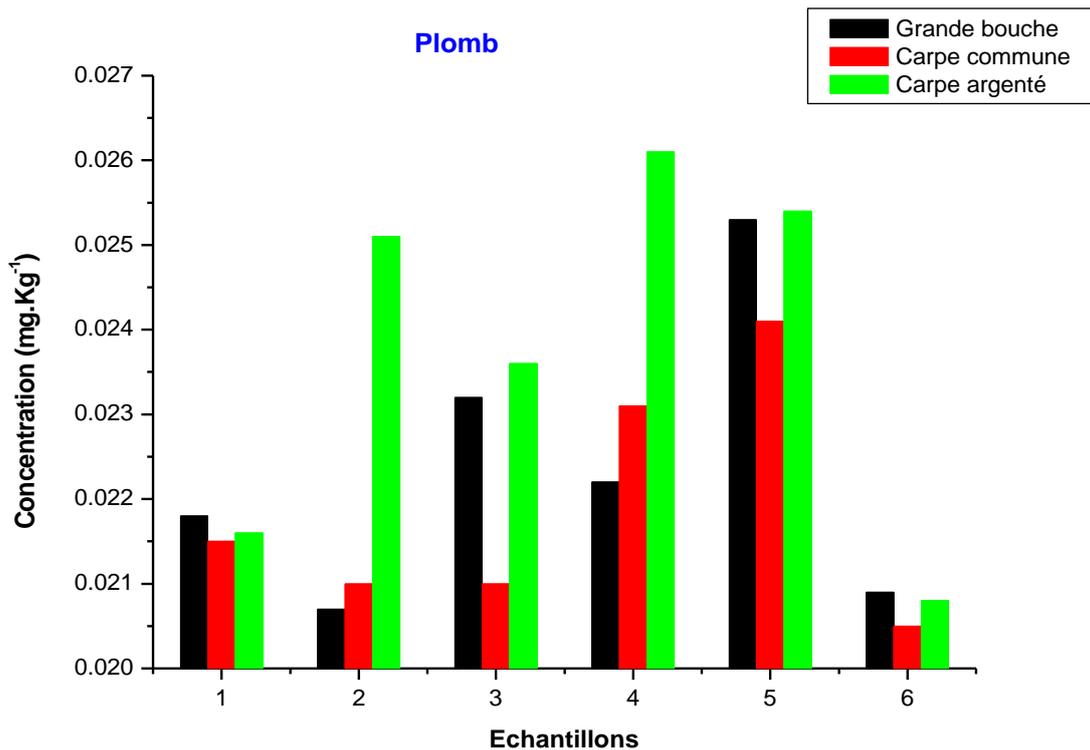
On constate que les teneurs moyennes en Cadmium dans les chairs des poissons sont très faible par rapport à la valeur limite admissible de 2 ppm de pois frais suggérée par l'Organisation Mondiale de la santé, la concentration la plus élevée est observée en grande bouche de 0,0155 mg/kg dans l'échantillon 4, et la concentration la plus faible est observée en grande bouche mais dans l'échantillon 1 de 0 ,0135 mg/Kg.

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

E- Le Plomb :

Tableau IV.12. Concentrations en Plomb dans les poissons de barrage d'Ain Zada

Echantillon	Type de poisson		
	Grande bouche (mg/Kg)	Carpe commune (mg/Kg)	Carpe argentée (mg/Kg)
1	0.0218	0.0215	0.0216
2	0.0207	0.0210	0.0251
3	0.0232	0.0210	0.0236
4	0.0222	0.0231	0.0261
5	0.0253	0.0241	0.0254
6	0.0209	0.0205	0.0208



Histogramme IV.10. Evolution de la teneur en Plomb dans les différents échantillons de poissons

Les teneurs en Plomb dans les chairs des tris poissons étudiés sont inférieures aux valeurs limites de l'OMS de 2 ppm de pois frais, La valeur maximale est enregistrée en carpe

CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

argentée dans l'échantillon 4 de 0,0261 mg/Kg, la teneur moyenne minimale est observée en carpe commune de 0,0205 mg/Kg dans l'échantillon 2.

IV.5. Conclusion :

En conclusion, Les trois poissons que nous avons étudiés, qui se trouvent dans les eaux du barrage d'Ain Zada ne sont pas contaminés par des métaux lourds, ce qui signifie que ces poissons ne constituent pas une menace pour la santé humaine ou l'environnement. Toutes les teneurs sont inférieures aux normes de l'organisation mondiale de la santé.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE:

L'étude réalisée dans ce travail est consacrée à la détermination de la teneur de divers métaux lourds dans l'eau douce et les poissons : grande bouche, carpe argentée et carpe commun au niveau de barrage d'Ain zada. En effet, ces poissons constituent des bios indicateurs intéressants.

Le choix, de ces micropolluants, a été dicté d'une part, par les moyens techniques de mesures de du laboratoire, d'autre part en étudiant les métaux les plus accessibles sur le plan analytique. Ces métaux ont été analysés par l'utilisation d'un équipement récent d'absorption atomique (SAA) et de l'étalonner au vu de son utilisation pour les dosages des éléments à faibles teneurs. La technique de l'analyse par la flamme a été employée pour la détection qualitative puis pour la détermination quantitative des éléments choisis pour l'étude.

Les résultats obtenus après l'analyse de nos échantillons, nous permettent de conclure que les métaux lourds étudiées sont présents en faibles concentrations dans l'eau du barrage d'Ain zada : le cuivre avec des concentrations moyennes de 0,0040 mg/l au niveau de la station d'Evacuateur de crues, le Zinc avec des concentration moyenne de 0,0981 mg/l au niveau de la zone d'Evacuateur de crues, le Cobalt avec des concentrations moyennes de 0,0120 mg/l au niveau de la station de Digue, La valeur maximale pour le plomb est enregistrée au niveau de la station de digue de 0,0026mg/l, et celle de cadmium est enregistrée à Oued Ain Taghrout de 0,000952 mg/l, mais tous ces résultats ne sont pas inquiétantes car ces teneurs sont inférieures aux normes de l'Organisation Mondiale de la santé.

Pour ce qui est des poissons, la teneur maximale en zinc observée dans la chaire de poisson de grande bouche de 0,0612mg/kg, puis la teneur en cuivre et le Cadmium de 0,0155 mg/kg dans la chaire de grande bouche aussi, et de 0,0261 mg/kg de Plomb dans la chaire de carpe argentée, toutes Ces teneurs sont inférieurs aux normes, 35mg /kg pour le (Zn) de 35 ppm de pois frais donnée par la société des experts chimistes de France, 30 ppm pour le (Cu), et 2ppm pour le (Cd) et le (Pb) les limites données par l'OMS. Cela indique que ces poissons ne sont pas contaminés par les métaux lourds et nous affirmons qu'il n'existe aucun risque de toxicité pour la santé humaine.

Comme nous avons conclu précédemment que l'eau du barrage de Ain zada n'est pas contaminée par les métaux lourds. Les concentrations en polluants restent très inférieures aux normes en vigueur.

ANNEXES

Norme et recommandation de teneur des métaux lourds dans les poissons

Métaux	Normes et recommandations (ppm poids frais)	Références Remarques	Source
Arsenic	5	Canada : Maximum permis dans les poissons comestibles	Heit et Klusek, 1985
	0,5	Norme sanitaire : poissons marins ayant des taux >0.5mg/kg sont impropres à la consommation	Moore <i>et al.</i> , 1984
Cadmium	2	Limite OMS dans les poissons comestibles	Biney <i>et al.</i> , 1994
	1	Recommandation : limite admissible dans le poisson calculée à partir de la "dose journalière admissible" (DJA) par l'homme relevée dans les publications	CEA-DP, 1973
	0,5	Limite recommandée par Mason (1987) dans la chair de poisson	Barak et Mason, 1990a Biney <i>et al.</i> , 1994
Cuivre	30	Limite OMS dans les poissons comestibles	Heit et Klusek, 1985
	100	Canada : Maximum dans les poissons comestibles	Heit et Klusek, 1985
Mercure	1	USA : Maximum admis dans les poissons comestibles	Cooper, 1983
		Finlande (1971) : interdiction de consommer les poissons dont Hg > 1mg/kg, mais ceux dont 0.5 < Hg < 1ppm sont consommés 1 fois/semaine- Norme dans les poissons comestibles	Miettinen, 1972; Verta, 1990
		Suède : Interdiction de vente de poissons dont Hg > 1ppm	Freeman et Horne, 1973
	0,5	Autorités Sanitaires Internationales	Ramade, 1972
		Maximum permis dans les poissons mis en vente au Canada et USA	in Dehaine, 1992
		Législation USA : forte concentration si >0.5ppm, si 0.2 < Hg < 0.5 : indice d'une pollution	CTGREF, 1977 in Dehaine, 1992
		Norme fixée au Canada dans les années 1970	CEA-DP, 1973
	0,3	Recommandation : Conseil Supérieur d'Hygiène de France	CEA-DP, 1973
Directive CEE (1979) : Maximum admissible dans la chair de poisson comestible		Mason, 1987	
0.2-0.3	Limite OMS : concentration maximale des poissons destinés à la consommation humaine	Malm <i>et al.</i> , 1990	
0,2	Limite toxicologique de sécurité objective des poissons destinés à la consommation humaine	Carbiener <i>et al.</i> , 1974	
Plomb	10	Canada (1977) : Maximum permis dans les poissons comestibles	Heit et Klusek, 1985
	6	Limite admissible dans les poissons définie comme la DJA (Dose Journalière Admissible)	CEA-DP, 1973
	2	Limite OMS dans les poissons destinés à la consommation humaine	Biney <i>et al.</i> , 1994
Zinc	1000	Angleterre : Concentration maximale autorisée dans la chair des poissons destinés à la consommation humaine	Brown <i>et al.</i> , 1984 Biney <i>et al.</i> , 1994
	100	Limite OMS dans les poissons comestibles	Heit et Klusek, 1985
	35	Canada : Max. permis dans les poissons comestibles	Heit et Klusek, 1985
PCB	2	Société des experts chimistes de France : recommandation de limite admissible dans les poissons	CEA-DP, 1973
		France : Arrêté du 16/02/88 du Ministère de l'Agriculture - poissons dont PCBs > 2mg/kg sont impropres à la consommation humaine	in Dehaine, 1992
		USA : norme maximale pour le poisson	Brodhag, 1989
		Ontario : ligne directrice pour la pêche commerciale ainsi que pour la pêche sportive	in Dehaine, 1992
	Canada : Limite maximale	Venant et Cumont, 1987	
1	Québec : Direction générale de la protection de la santé, norme temporaire des portions comestibles des poissons	Goulet et Laliberte, 1982	
	Suisse : loi sur les denrées alimentaires modifiant la concentration maximale dans les denrées alimentaires à 1mg/kg dans les parties comestibles	Burgermeister, 1983	

Tableau 9 : Normes et recommandations

Teneurs en micropolluants dans le poisson (complété à partir de Dehaine, 1992)

Standards: Analytical methods for atomic absorption spectroscopy:

Cd (48)

Standard Atomic Absorption Conditions for Cd

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Relative Noise	Characteristic Concentration (mg/L)	Characteristic Concentration Check (mg/L)	Linear Range (mg/L)
228.8	0.7	1.0	0.028	1.5	2.0
326.1	0.7	0.90	11.0	500.0	---

1. Recommended Flame: Air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Characteristic Concentration with a N₂O-C₂H₂ flame at 228.8 nm: 0.11 mg/L.
4. Table contains HCL data. EDL sensitivity values are slightly (<10%) better.

Standard Flame Emission Conditions for Cd

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Flame
326.1	0.2	Nitrous oxide-acetylene

Co (27)

Standard Atomic Absorption Conditions for Co

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Relative Noise	Characteristic Concentration (mg/L)	Characteristic Concentration Check (mg/L)	Linear Range (mg/L)
240.7	0.2	1.0	0.12	7.0	3.5
242.5	0.2	0.84	0.15	8.0	2.0
241.2	0.2	0.94	0.22	15.0	3.0
252.1	0.2	0.82	0.28	15.0	7.0
243.6	0.2	0.54	1.0	45.0	---
304.4	0.2	0.93	1.8	80.0	---
352.7	0.2	0.92	3.2	150.0	---
346.6	0.2	0.87	4.1	200.0	---
347.4	0.2	0.76	7.2	300.0	---
301.8	0.2	0.97	12.0	550.0	---

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Characteristic Concentration with a N₂O-C₂H₂ flame at 240.7 nm: 0.71 mg/L

Standard Flame Emission Conditions for Co

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Flame
345.4	0.2	Nitrous oxide-acetylene

Standard Atomic Absorption Conditions for Cu

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Relative Noise	Characteristic Concentration (mg/L)	Characteristic Concentration Check (mg/L)	Linear Range (mg/L)
324.8	0.7	1.0	0.077	4.0	5.0
327.4	0.7	1.1	0.17	8.0	5.0
216.5	0.2	7.2	0.117	20.0	20.0
222.6	0.2	5.9	1.1	50.0	50.0
249.2	0.7	1.7	5.8	300.0	100.0
224.4	0.2	6.0	14.0	650.0	---
244.2	0.7	2.2	24.0	1000.0	---

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Characteristic Concentration with a N₂O-C₂H₂ flame at 324.8 nm: 0.45 mg/L

Standard Flame Emission Conditions for Cu

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Flame
327.4	0.2	Nitrous oxide-acetylene

Pb (82)**Standard Atomic Absorption Conditions for Pb**

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Relative Noise	Characteristic Concentration (mg/L)	Characteristic Concentration Check (mg/L)	Linear Range (mg/L)
283.3	0.7	0.43	0.45	20.0	20.0
217.0	0.7	1.0	0.19	9.0	20.0
205.3	0.7	1.4	5.4	250.0	---
202.2	0.7	1.8	7.1	350.0	---
261.4	0.7	0.35	11.0	500.0	---
368.3	0.7	0.40	27.0	1200.0	---
364.0	0.7	0.33	67.0	3000.0	---

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Characteristic Concentration with a N₂O-C₂H₂ flame at 283.3 nm: 2.7 mg/L
4. Table contains HCL data. EDL sensitivity values approximately the same.

Standard Flame Emission Conditions for Pb

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Flame
405.8	0.2	Nitrous oxide-acetylene

Zn (30)**Standard Atomic Absorption Conditions for Zn**

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Relative Noise	Characteristic Concentration (mg/L)	Characteristic Concentration Check (mg/L)	Linear Range (mg/L)
213.9	0.7	1.0	0.018	1.0	1.0
307.6	0.7	0.38	79.0	3500.0	--

1. Recommended Flame: air-acetylene, oxidizing (lean, blue)
2. Data obtained with a standard nebulizer and flow spoiler. Operation with a High Sensitivity nebulizer or impact bead will typically provide a 2-3 × sensitivity improvement.
3. Characteristic Concentration with a $N_2O-C_2H_2$ flame at 213.9 nm: 0.084 mg/L
4. Table contains HCL data. EDL sensitivity values approximately the same.

Standard Flame Emission Conditions for Zn

Wavelength (nm)	Slit (nm)	Flame
213.9	0.2	Nitrous oxide-acetylene

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques :

- [1] Zorrig, W., Rouached, A., Zaigham, S., Chedly, A., Davidian, J.C. et Berthomieu, P. (2004) : Identification of three relationships linking cadmium accumulation to cadmium tolerance and zinc and citrate accumulation in lettuce. *Journal of Plant Physiology* 167, 1239–1247 *Biochimie & Physiologie Moléculaire des Plantes*. Unité Mixte de Recherche CNRSINRA Université Montpellier II, Montpellier.
- [2]: R Galvez-Cloutier, P.J. Lefrancois. «Les sols contaminé par des métaux lourds : Distribution géochimique et technique de restauration». Première partie. 2005 ; 38-3
- [3] : Deschamps T., Benzaazoua M., Bussière B., Belem T. and Mbonimpa M. (2006) : Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide : cas de la stabilisation des sols contaminés et des déchets industriels, *La revue Vertigo en sciences de l'environnement*, 2, pp1-11.
- [4] : BOULKAH H., 2008 : Etude comparative de l'adsorption des ions des plomb sur différents adsorbants. Mémoire d'ingénieur, pollution chimique et environnement. Université du 20 août 1955 Skikda, Algérie.
- [5] Fourest E « Etude des mécanismes de biosorption des métaux lourds par des biomasses fongiques industrielles en vue d'un procédé d'épuration des effluents aqueux contaminé ». Thèse de doctorat, Université JOSEPH FOURIER GRENOBLE 1-France ,(1993).
- [6] Zoller, W.H., 1984. Anthropogenic perturbations of metal fluxes into the atmosphere. Dans *Changing metal cycles and human health*, édité par J.O. Nriagu. Dahlem Konferenzen. Berlin, Springer, pp 27–34.
- [7] GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), 1988. Review of potentially harmful substances - Arsenic, mercury and selenium. Rep.Stud.,GESAMP:172p.
- [8] Hutchinson, T.C. et K.M. Meema, 1987. Lead, mercury and arsenic in the environment. *SCOPE* 31. Chichester, John Wiley and Sons, 360p
- [9] GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), 1988. Review of potentially harmful substances - Arsenic, mercury and selenium.
- [10] Hurbut Jr et Klein. C 1982 : Manuel de minéralogie de Dana. Editorial revert, Barcelona, p 564.
- [11] ATSDR (1990). - Toxicological profiles for copper. Agency for toxic substances and disease registry, atlanta, GA : US department of Health and Human Services, Public Health Services.
- [12] Dameron, C., et Howe, P.D., (1998). ± Copper Environmental Health criteria n° 200. Geneve, World Health Organization.

- [13] Borchardt, T, 1985 - Relation ship between carbon and cadmium uptake in « *Mytilus edulis* » Mar. Biol 85 : 233-244.
- [14] Gonzalez, J.L., Chiffolleau, J.F., Miramand, P., et Thouvenin, B., (1999). - Le cadmium : comportement d'un contaminant métallique en estuaire, Programme scientifique Seine Aval, Editions Ifremer, Plouzané, France: 31.
- [15] Ramade, F., (1992) - « Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales » p55.
- [16] NAS/NRC (1989).±Recommanded dietary allowances, National Academy of Science/National Research Council, Washington.
- [17] Chiffolleau, J.F, Claisse, D, Cossa,D, Ficht,A, Gonzalez,G, Guyot,T; Michel,P, Miramand,P..Oger, C, et Petit,F., (2001). ± La contamination métallique, Programme scientifique Seine Aval: 39.
- [18] 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.
- [19] Nieboer. E, et Richardson. D.H.S, 1980 : The replacement of the non-descript term « Heavymetal » by a biologically and chemically significant classification of metal ions, Environ.Pollut, (Série B) 3-36.
- [20] ROBERT N, JUSTE C. 1999 : Enjeux environnementaux et industriels- Dynamiques des éléments traces dans l'écosystème sol. In : spéciation des métaux dans le sol, les cahiers du club Crin, Paris, p 15-37.
- [21] L. FISHBEIN. 1981. Sources, transports and alterations of metal compound : an overview. I. arsenic, beryllium, cadmium, chromium and nickel.
- [22] D.J.MITCHELL, S.R.WILD ET K.C JONES. 1992. Arrested municipal solid waste incinerator fly ash as a source of heavy metals to the UK environnement.
- [23] Biney C., Amuzu A.T., Calamari D., Kaba N., Mbome I.L., Naeve H. Ochumba O., Osibanjo O., Radegonde V. et Saad M.A.H., 1995. Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain : Etude des métaux lourds. Archives de documents de la FAO, Département de pêches. Rome.
- [24] : Cheikh Tidiane Dione, Ibrahima diagne, Mamar Ndiaye : Contamination métallique d'une espèce de poisson (Brama Brama) de la cote Dakaroise :Article : European scoentific journal ; faculté des science techniques laboratoire de chimie physique organique et d'analyse environnementale (LCPOAE) – UCAD, Dakar Sénégal, April 2018 ; P 375
- [25] Amiart-triquet, C, 1989. Bioaccumulation et nocivité relatives de quelques polluants métalliques à l'égard des espèces humaines.Bull.Ecol.20 (2): 129-151.

[26] KI, M.K., D.T. CASTLEBERRY, T.W.MAY, B.A. MARTIN, F.N. BULLARD, 1995. Copper, Cadmium and zinc concentrations in aquatic food chains from the upper Sacramento River (California) and selected tributaries. *Env. Contam. Toxicol.*29 : 484-491.

[27] DELVAL, C., M.A. JANQUIN, A.RICHARD, 1988. Réponses d'un poisson plat-le flet (*Platichthys flesus*) aux pollutions métalliques par élaboration de métallothionéines: compétition entre Zn, Cu et Cd. *Océanis* 14 (4): 519-524.

[28] George, S. G. and Olsson, P.-E. (1994) Metallothioneins as indicators of trace metal pollution, in *Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries*, (ed. K.J.M. Kramer), CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 151–178

[29]: J. J. Morgan and W. Stumm. «Chemical process in the environment » Edition Merian E, VCH, Weinheim, Germany, 1991; 67-103.

[30] Amélioration de la méthode de prélèvement des métaux lourds à l'émission, Emmanuel FIANI, (2006).

[31] GALSOMIES L. Retombées atmosphériques des métaux en France : estimation par dosage dans les mousses ; ADEME édition (1999).

[32] Deschamps T., Benzaazoua M., Bussière B., Belem T. and Mbonimpa M. (2006). Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide : cas de la stabilisation des sols contaminés et des déchets industriels, *La revue Vertigo en sciences de l'environnement*, 2, pp 1-11.

[33] Mebarkia AbdelHafid., 2011 : Etudes des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface, cas du barrage de Ain-Zada wilaya de Bordj Bou-Arredj. (Nord-est algérien) mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister., Université Badji Mokhtar- Annaba. p83, 84.

[34] MALAOUI Samir, AGOUDJIL Noureldine , 2015: Etude de la qualité des eaux de surface et des eaux traitées; mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master; Faculté des sciences et sciences appliquées, département de hydrauliques. Université Laarbi ibn mhidi; Oum El Bouaghi; p 26.

[35] Becue J.P, Degoutte G, Lautrin D (2002). Choix du site et du type de barrage PP18.

[36] Bahut, M., Alzieu., 2003. De la compréhension des phénomènes à la gestion des problèmes: approches et stratégies d'élaboration et utilisation des critères de qualité. 291-327. In Montuelle B., *Qualité et gestion des sédiments d'eau douce. Eléments physico-chimiques et biologiques*. CEMAGREF Edition, 332p.

[37] D.P.R.H : Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques . Sétif, 2006)

[38] POISSONS DES EAUX DOUCES ET SAUMÂTRES EN ALGERIE : Site : <https://poissonseauxdoucesalgerie.blogspot.com/2020/05/la-carpe-commune.html>

[39] Traitements de l'eau destinée à la consommation: Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable, Confédération suisse, Département fédérale de l'intérieur DFI. Office fédérale de la santé publique OFSP; Avant-propos p02.

[40] MALAOUI Samir, AGOUDJIL Noureldine , 2015: Etude de la qualité des eaux de surface et des eaux traitées; mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master; Faculté des sciences et sciences appliquées, département de hydrauliques. Université Laarbi ibn mhidi; Oum El Bouaghi; p p 28-33.

[41] BENDADA K. BOULAKRADECHE.M, 2011: optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds, mémoire de master, Faculté de chimie, Université des sciences et de la technologie HOUARI BOUMEDIENE (U.S.T.H.B) p02.

[42] Cours de KACIMI. M: Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire; Département des sciences géologiques; Université Frères Mentouri Constantine 01. p

[43] BENDADA K. BOULAKRADECHE.M, 2011: optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds, mémoire de master, Faculté de chimie, Université des sciences et de la technologie HOUARI BOUMEDIENE (U.S.T.H.B) p03.

[44] Skoog, Holler, Nieman Principes d'analyse instrumentale De Boeck 2003, Ch. 8 et 9: applications analytiques des techniques spectroscopiques: p06.

[45] Pr. Maghchiche, Cours Spectroscopies d'absorption et d'émissions atomiques, Département de pharmacie. Batna 02, Chimie analytique 3 ème année.

[46] BROKAERT, José A. C. Analytical Atomic Spectrometry with Flames and Plasmas. Deuxième édition revue et augmentée. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, Weinheim (Federal Republic of Germany), 2005. 414p. ISBN: 978-3-527-31282-5.

[47] Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, spectrométrie d'absorption atomique. Axe " Génie des Procédés", Centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne. p43

[48] William A. Stubblefield (2020) Acute and Chronic Toxicity of Cobalt to Freshwater Organisms: Using a Species Sensitivity Distribution Approach to Establish International Water Quality Standards ; Environmental Toxicology and Chemistry (ETC) ; 06 janvier 2020 ; <https://doi.org/10.1002/etc.4662> (résumé)