

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences Biologiques de l'Environnement
Spécialité : Toxicologie Industrielle Et Environnementale



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
en
Toxicologie Industrielle et Environnementale

Thème

**Identification des éléments traces
métalliques chez les
poissons de l'oued Soummam**

Présenté par :

M^r TOUATI Rafik et M^r AIT MEDDOUR Med Lamine

Devant le jury composé de :

Mme MANKOU N
Mme.GHERBI R.
Mr RAMDANE Z

Président
Encadreur
Examineur

Année universitaire : 2018 / 2019

REMERCIEMENTS

Nous remercions dieu le tout puissant qui nous a procuré du courage et de la volonté pour mener à terme ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à :

Tout le personnel de la faculté de sciences de la nature et de la vie de Bejaia ainsi que le personnel du laboratoire de chimie Génie des procédés.

Notre promotrice M^{me} GHERBI Rachida.

Notre Chef de spécialité M^{me} MANKOU Nadia.

Mr RAMDANE Zohir "examineur"

Nos membres de nos familles ainsi que nos proches et amis.

Tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin tout au long de notre travail et de la réalisation de ce mémoire.

sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 1

CHAPITRE I SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Définition de la pollution	3
I.2 Polluant	3
I.3 Nature et source de pollution des eaux	3
I.3.1 La pollution d'origine agricole	3
I.3.1.1 Les pesticides	4
I.3.1.2 Les huileries	4
I.3.2 Pollution d'origine industrielle	4
I.3.2.1- Rejets liquides	4
I.3.2.2. Rejet solides	4
I.4 Les métaux lourds	5
I.4.1 Définition	5
I.4.2 Classification	6
I.4.3 Origines des métaux lourds	7
I.4.3.1 Sources naturelles	7
I.4.4 Importance et toxicité des métaux lourds.....	9
II.4.4.1 Métaux essentiels	9
I.4.4.2 Métaux non nécessaires	9
I.4.4.3 Spécificité de la pollution par les métaux lourds	9
I.5 Eléments traces étudiés.....	10
I.5.1 Le Plomb	10

I.5.2 Le cadmium	11
I.5.3 Le fer	12
I.5.4 Le zinc	12
I.6 Métaux lourds et organismes vivant	13
I.6.1 Biodisponibilité	13
I.6.2 La surveillance de l'environnement	13
I.7 Généralité sur quelques espèces pêchées dans l'Oued Soummam.....	14
I.7.1 Le barbeau (<i>Barbus barbus callensis</i>).....	14
I.7.2 La carpe commune (<i>Cyprinus carpio</i>).....	16
I.7.3 Le mulot jaune (<i>Mugil cephalus</i>).....	18

CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES

II.1 Présentation de la zone d'étude : la vallée de l'oued Soummam.....	20
II.2 Délimitation géographique.....	20
II.2.1 Le bassin versant de la Soummam	20
II.2.2 La vallée de l'oued Soummam.....	21
II.3 Caractéristiques climatiques	21
II.4 Echantillonnages et méthodes de prélèvements.....	22
II.4.1 La pêche.....	23
II.5 Traitements des échantillons.....	23
II.5.1 Matériels utilisés.....	23
II.5.2 Solutions.....	24
II.5.3 L'étude biométrique.....	24
II.5.4 Dissection.....	25
II.5.5 Séchage.....	27
II.5.6 Homogénéisation.....	27
II.6 Dosage des Métaux lourds.....	28
II.6.1 La minéralisation.....	28
II.6.2 La Filtration.....	28
II.6.3 Etalonnage.....	29
II.7 Calcul et expression des résultats.....	29

CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1 Répartition des espèces dans l'oued Soummam	31
III.2 Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle de la carpe de l'oued Soummam	33
III.3 Comparaison des données obtenues avec les normes internationales.....	35
CONCLUSION.....	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	
RESUME	

LISTE DES TABLEAUX

I.1 Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.....	9
II.1 Nombre d'individus par espèces capturé dans les différents sites.....	23
III.1 Mensuration des espèces analysées.....	32
III.2 Paramètres biologiques des espèces analysés	34
III.3 Comparaison des valeurs obtenues avec les valeurs limite (Normes internationales)....	35

Annexe

Tableau I paramètres biologique des espèces analysés.

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : classification périodique des éléments	7
Figure 02 : morphologie du barbus <i>callensis</i>	14
Figure 03 : morphologie externe de la carpe commune <i>cyprinus carpio</i>	16
Figure 04 : morphologie et anatomie de la carpe.....	17
Figure 05 : taxonomie du muet jaune	18
Figure 06 : morphologie générale du mullet	19
Figure 07 : carte du bassin versant de la Soummam.....	20
Figure 08 : situation géographique de la zone d'étude	21
Figure 09 : localisation des stations de pêche.....	22
Figure 10 : mensuration de a carpe.....	24
Figure 11 : les étapes de prélèvement du muscle dorsal et de la peau.....	26
Figure 12 : séchage du muscle et de la peau.....	27
Figure 13 : résumé du protocole expérimental suivi dans notre étude.....	30

Annexe

Figure 01 : Courbe d'étalonnage de Cadmium

Figure 02 : Courbe d'étalonnage du Fer

Figure 03 : Courbe d'étalonnage du Plomb

Figure 04 : Courbe d'étalonnage du Zinc

LISTE DES ABREVIATION

As : arsenic

C° : Celsius

Cd : cadmium

cm : centimètre

Cr : chrome

Cu : cuivre

ETM : éléments traces métalliques

Fe : fer

g : gramme

g/cm³ : gramme par centimètre cube

Hg : mercure

Kg : kilogramme

mg : milligramme

mg/kg : milligramme par kilogramme

Ni : nickel

Pb : plomb

Ppm : partie par million

SAA : spectrométrie d'absorption atomique

Zn : zinc

DIB : déchets industriels banals

DIS : déchets industriels spéciaux

Mn : manganèse

Sn : l'étain

DHT : dihydrotestostérone

ETM : élément trace métallique

INTRODUCTION

Depuis plus de cinquante ans, la pollution est l'un des plus graves problèmes auquel est confronté notre monde moderne. On entend par pollution, la présence dans l'environnement de grandes quantités de produits chimiques dangereux, généralement créés par l'homme, dont les effets nuisibles peuvent se faire durant de longues périodes sur toute la Planète. Cette pollution peut affecter l'eau, l'air et la terre. Les déversements dans les cours d'eau atteignent, de nos jours, des proportions catastrophiques. Par mesure d'économie, usines et villes rejettent directement leurs eaux résiduaires, sans les avoir traitées au préalable. Il y a aussi des produits toxiques qui aboutissent dans les rivières, tuant de nombreuses formes de vie. Parmi ces polluants, citons le chrome, en provenance des tanneries, des margines et des huileries; le mercure, en provenance des usines de pâte à papier. La flore et la faune aquatique peuvent dans ce cas s'appauvrir de façon considérable, non seulement quantitativement mais aussi qualitativement (El morhit, 2009).

Selon (Mouni & al 2009) L'oued Soummam subit une pollution essentiellement organique suite au volume important des eaux usées urbaines et industrielles déversées en son sein, selon les critères d'appréciation des eaux de surface il est classé, comme étant extrêmement pollué, et ces eaux sont donc inaptes à la majorité des usages.

L'objectif de ce travail est d'identifier les polluants métalliques de l'oued Soummam, en se basant sur l'analyse au niveau des muscles de quelques espèces qui vivent à l'intérieur. Nous avons choisis ces quatre métaux (Cadmium, Plomb, Fer et le Zinc) qui sont les plus représentés et les plus problématiques dans l'environnement. D'une part le fer est un oligo-élément donc indispensable à la vie, mais dangereux à forte concentration, d'un autre côté, le Cadmium et le Plomb sont des éléments toxiques, pour les organismes vivants, même à faible concentration, le zinc malléable à haute température qui peut affecter n'importe quel organe ou système du corps Seront recherchés et quantifiés au niveau du muscle de certaines espèces de poissons pêchés dans l'Oued Soummam : Le barbeau (*Barbus callensis*), La carpe commune (*Cyprinus carpio*), L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), Le mulot jaune (*Mugil cephalus*).

INTRODUCTION

Des travaux dans ce sens ont été réalisés comme ceux d'Araujo (2013), sur les poissons d'intérêt sportif du fleuve Saint-Laurent à Québec, d'El morhit et *al.* (2012), au niveau de l'estuaire de la Côte atlantique Marocaine, Dalia E et *al.* (2012), Sur l'évaluation de la pollution par les métaux lourds dans une ferme piscicole en Egypte, (Yilmaz, 2009) Sur la comparaison des concentrations des métaux lourds dans les tissus des poissons dans un lac en Turquie, Hamitouche et Haderbache. (2017) sur Evaluation de la pollution métallique de l'Oued Soummam par le dosage des métaux lourds dans le muscle de quelques espèces de poissons, Youssao et *al.* (2001) au lac nokoué, Bénin, Hounkpatin et *al.* (2012) au lac de Ganvier, Benin, Onanuga et *al.* (2012). lagune olage, Nigeria, Katemo Manda et *al.* (2010). au bassin de la Lufira supérieure en R.D.Congo, Olgunoglu et *al.* (2011) au lac ataturk dam en Turquie.

Le présent manuscrit comporte trois chapitres :

- Le premier chapitre présente des généralités sur : la pollution et les métaux lourds.
- Le deuxième chapitre est une présentation de la zone d'étude, le matériel utilisé et le protocole expérimental.
- Le troisième et dernier chapitre est essentiellement réservé aux résultats obtenus et à leurs interprétations, suivi par une conclusion générale.

I.1 Définition de la pollution

La pollution est la dégradation d'un milieu naturel par des substances extérieures, introduites de manière directe ou indirecte. Elle peut affecter et modifier de façon durable la santé humaine, la qualité des écosystèmes et la biodiversité aquatique ou terrestre (Alain et botta, 2007).

I.2 Polluant

Le polluant est un contaminant biologique, physique, chimique, d'un ou plusieurs compartiments des écosystèmes (air, eau, sol) et/ou d'un organisme, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développe des impacts négatifs sur tout ou une partie d'un écosystème ou de l'environnement en général (Alain et botta, 2007).

I.3 Nature et source de pollution des eaux

Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable (changement défavorable des caractéristiques biologiques et physico-chimiques) ; par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus au moins toxiques, d'origine naturelle ou issues d'activités humaines (Banouh et Sadaoui, 2010).

L'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux (Loi n 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable).

Les principales causes de pollution de l'environnement proviennent de la production et de l'utilisation des diverses sources d'énergie, des activités industrielles, de l'agriculture et aussi des déchets domestiques.

I.3.1 La pollution d'origine agricole

L'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation active pour accroître les rendements des cultures, elle concerne surtout l'épandage d'engrais chimique (nitrates, phosphates), les produits phytosanitaires (herbicides, insecticides) et les excédents de déjections animales qui enrichissent les cours d'eau et même les nappes phréatiques en dérivés azotés (Aiteche, 2004).

I.3.1.1 Les pesticides

L'application des pesticides à travers ses différentes formes se généralise de plus en plus dans le but de lutter contre les insectes, les rongeurs, les champignons, les mauvaises herbes et les maladies qui ravagent les végétaux (GILLI & al, 2008).

I.3.1.2 Les huileries

L'extraction de l'huile d'olive engendre la production de deux types de résidus, le grignon (rejets solides) et les margines (rejets liquides) (GILLI & al, 2008).

I.3.2 Pollution d'origine industrielle

Les différentes unités industrielles de la vallée de la Soummam ont des productions très diverses et rejettent trois types de rejets (GILLI & al, 2008) :

I.3.2.1- Rejets liquides

Les différentes industries (alimentaire, métallurgique, textile, oléicole...etc.) rejettent de grandes quantités d'eaux usées avec des concentrations plus fortes en matières organiques et en composés minéraux toxiques, qui constituent une source de pollution environnementale. Les eaux usées rejetées par ces industries posent un sérieux problème (Ghadbane, 2003). Les unités industrielles installées dans la vallée de la Soummam déversent leurs rejets directement dans l'oued Soummam, Les carrières rejettent une grande quantité de rejets liquides, Les station services (lavages et graissages) sont également génératrices de pollution, leurs eaux usées chargées en matières organiques sont déversées sans traitement dans les réseaux d'assainissement ou directement dans l'oued Soummam ou via ses affluents (Direction de l'environnement, 2012).

I.3.2.2. Rejet solides

Les activités industrielles sont à l'origine d'importants volumes de déchets solides tels que :

a- Les déchets banals (DIB)

Les déchets banals industriels regroupent l'ensemble des déchets non inertes et ils sont constitués de matériaux tels que le bois, les papiers cartons, les plastiques, les métaux, les pneus, le verre, le textile, le cuir ou encore les matériaux organiques, ils peuvent être éliminés avec les ordures ménagères.

b- Les déchets inertes

Ces déchets proviennent des activités de construction, de réhabilitation (rénovation) et de démolition liées au secteur du bâtiment ainsi que des activités liées à la réalisation et à l'entretien d'ouvrages publics (routes, ponts) et les déchets minéraux des installations extractives et métallurgiques.

c- Les déchets industriels spéciaux (DIS)

Ce sont les déchets qui contiennent des éléments toxiques ou dangereux (toxicité chimique, risque d'explosion, etc.). En raison de leurs caractéristiques, de leur grande variété et de leur dangerosité, ils nécessitent des traitements spécifiques dans des installations dédiées, différentes de celles qui reçoivent les déchets ménagers (Hammi, 2011).

I-3.2.3- Rejets atmosphériques

Les installations industrielles comme la sidérurgie, la pétrochimie, la métallurgie, les cimenteries et les industries des dérivés azotés sont caractérisées par des émissions spécifiques des différents polluants atmosphériques, qui constituent une source de pollution environnementale (Kadri et Aissou, 2011).

I.4 Les métaux lourds

Les micropolluants minéraux sont représentés essentiellement par les éléments traces métalliques (ETM). Les principaux ETM rencontrés dans les eaux sont le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le chrome (Cr), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le nickel (Ni).

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents " en traces ". Ils sont aussi " la trace " du passé géologique et de l'activité de l'homme (Gerard, 2000).

I.4.1 Définition

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. On appelle métaux lourds tout élément métallique naturel dont la masse volumique dépasse 5g/cm³. Ils englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement (Adriano, 1986). Les métaux lourds les plus souvent considérés comme toxique pour l'homme sont : le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. D'autres comme le cuivre, le zinc, le chrome, pourtant nécessaires à l'organisme en petites quantités, peuvent devenir toxiques à doses plus importantes.

Dans le cadre de la chimie, les métaux lourds sont généralement définis sur la base de leurs propriétés physico-chimiques. En science du sol, il est convenu de parler "d'éléments trace métalliques" qui désignent des composés minéraux présents à très faible concentration.

En toxicologie, ils peuvent être définis comme des métaux à caractère cumulatif (souvent dans les tissus biologiques) ayant essentiellement des effets très néfastes sur les organismes vivants. En nutrition et en agronomie, ils peuvent même être assimilés à des oligo-éléments indispensables à certains organismes, en particulier par leur action catalytique au niveau du Métabolisme (Fergusson, 1980).

Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le zinc (Zn).

Les métaux lourds sont redistribués naturellement dans l'environnement par les processus géologiques et les cycles biologiques. Les activités industrielles et technologiques diminuent cependant le temps de résidence des métaux dans les roches, ils forment de nouveaux composés métalliques, introduisent les métaux dans l'atmosphère par la combustion de produits fossilifères. Il faut différencier la part qui résulte de la contamination d'origine humaine (anthropogène) et la part naturelle (géogène) (Académie des sciences, 1998).

I.4.2 Classification

Les métaux lourds peuvent être classés en se basant sur leur densité : *les métaux lourds sont dits lourds si leur densité dépasse 5 * les métaux lourds sont dits légers si leur densité est inférieure à 5 Ces métaux lourds sont dangereux pour la santé humaine à très faible concentration selon « **the states environmental protection Agency** »

Cependant, le cadmium, le plomb, le chrome, le zinc et d'autres sont considérés (à moins forte dose pour certains) comme étant dangereux pour la santé humaine et dont la présence dans l'environnement doit être surveillée (Diffus, 1980). Les métaux peuvent également être classés en se basant sur leurs effets biologiques (Catsiki et Catsielleri, 1980) :

- Les oligo-éléments essentiels pour un fonctionnement normal des paramètres biochimiques à des concentrations non excessives, notamment : Fe, Mg, Zn.....
- Métaux sans fonction biologique établie tels que :Cd , Hg, Pb.....

Bloc s												Bloc p					
H		■ Métaux lourds de densité > 5															He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Bloc d										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Bloc f														
Lanthanides		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
Transuraniens		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr		

Figure 01. Classification périodique des éléments (Fourest, 1993).

I.4.3 Origines des métaux lourds

I.4.3.1 Sources naturelles

A- Les gisements de métaux lourds

Les métaux lourds se retrouvent dans tous les compartiments de l'environnement.

Selon les métaux, les réserves les plus importantes se trouvent dans les roches et/ou les sédiments océaniques.

Les métaux lourds, comme tout minerai, sont présents dans les roches, et sont diffusés avec l'érosion. Les métaux lourds en surface ne viennent cependant pas tous de la roche, puisqu'il peut y avoir cumul entre ce qui vient du sous-sol et ce qui est apporté par l'air, qui peut provenir de très loin (plomb dans les glaces des pôles).

En règle générale, les métaux sont fixés dans les roches sous deux formes.

Il y a d'une part, les oxydes et silicates, peu altérables en climat tempéré. Les oxydes sont libérés de la roche par érosion et transportés tels quels dans les sols et sédiments. 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 partie sera piégée dans les argiles et sédiments de ruisseau (Gerard, 2000).

➤ Le passage du minerai au contaminant

Ces gisements naturels, enfouis dans les roches, deviennent accessibles et contaminants potentiels à quatre occasions :

- l'exploitation (les mines) et l'utilisation,

- l'érosion qui transporte les métaux vers les sols, les eaux de surface et les sédiments,
- les prélèvements d'eau. En puisant dans des nappes phréatiques de plus en plus profondes, on peut tomber sur une nappe contaminée par une roche très chargée en métaux lourds. Cette source de mobilisation des métaux lourds est la moins connue, mais aujourd'hui l'une des plus fréquentes.
- les éruptions volcaniques terrestres ou sous-marines.

Il y a donc des sources de contamination naturelles. Une fois en circulation, les métaux se distribuent dans tous les compartiments de la biosphère : terre, air, océan. Les échanges sont permanents et se chiffrent par milliers ou centaines de milliers de tonnes. Les flux naturels sont complétés par les flux d'origine anthropique (Gerard, 2000).

B- Les sources anthropiques

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait, des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (Miquel, 2001). Les sources anthropogènes sont les suivantes:

- ✓ Activités pétrochimiques
- ✓ Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment....)
- ✓ Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations)
- ✓ Incinération de déchets
- ✓ Produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents)
- ✓ Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères), agricoles

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

CHAPITRE I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.1 Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (Miquel, 2001).

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)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

I.4.4 Importance et toxicité des métaux lourds

II.4.4.1 Métaux essentiels

Ont un comportement diversifié. On entend par là des métaux dont l'organisme a besoin dans des concentrations bien déterminées, s'il veut vivre « normalement »- sainement- et qui doivent lui être fournis par la nourriture. Le fait qu'un élément soit essentiel ou non dépend de sa participation ou non à des réactions biochimiques dans l'organisme correspondant (Bliefert & Perraud, 2011).

I.4.4.2 Métaux non nécessaires

Ces métaux ne sont pas nécessaires à la vie, mais ils perturbent souvent le cours normal des processus métaboliques, même à l'état de traces ; à l'exception de faibles doses tolérables, de tels métaux ont souvent un effet toxique (Bliefert & Perraud, 2011).

I.4.4.3 Spécificité de la pollution par les métaux lourds

C'est la persistance des métaux qui est particulièrement prononcée dans l'environnement : contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement. Les métaux et leurs composés sont souvent transportés sur de grandes distances par l'air ou l'eau sans subir de transformations. Dans l'environnement, un composé métallique peut seulement être transformé en d'autres composés, dans lesquels le métal subsistera ; et dans certains cas, ce ne sont que de telles réactions de transformation qui conduisent à des composés toxiques (par exemple la méthylation du mercure) ou à une immobilisation (par exemple la précipitation de $PbSO_4$) (Bliefert & Perraud, 2001).

En ce qui concerne les métaux lourds, une autoépuration des sols n'est pas possible.

Dans les sols, ils sont si solidement fixés aux composés humiques, qu'ils ne sont presque pas entraînés par l'eau. Pour cette raison, les métaux lourds s'accumulent souvent fortement dans le sol ou dans les sédiments (Bliefert & Perraud, 2001).

Beaucoup de minéraux (argiles, oxydes métalliques) et les composés humiques possèdent des charges à leurs surfaces, avec lesquelles des ions métalliques peuvent se fixer et devenir alors échangeable. À cause de la grande diversité des constituants du sol, on ne peut pas décrire une forme unique selon laquelle les métaux lourds seraient fixés à la phase solide des sols et des sédiments. Il y a différentes réactions chimiques au cours desquelles les ions métalliques présents dans le sol sont libérés et peuvent ensuite être dissous dans la « solution du sol ». Les ions H⁺ participent à quelques-unes acidification croissante de celui-ci, même des métaux lourds fortement liés peuvent être libérés et mis en solution au cours du temps (Bliefert & Perraud, 2001).

Une des conséquences les plus sérieuses de la persistance des métaux est leur accumulation dans les chaînes alimentaires. Au bout de ces chaînes, les métaux peuvent atteindre des concentrations qui sont supérieures de plusieurs puissances de 10 à celles trouvées dans l'eau ou dans l'air. Cela peut aller si loin qu'une plante ou un animal ne puisse plus servir de nourriture pour l'homme (Bliefert & Perraud, 2001).

I.5 Éléments traces étudiés

I.5.1 Le Plomb

A- Propriété et caractéristiques du plomb :

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

B- Les effets toxiques du plomb sur l'homme :

L'ingestion d'aliments contaminés est considérée comme l'une des voies principales d'exposition au plomb, ce métal est une substance qui s'accumule dans les os et les tissus mous, Une exposition à de faibles doses de plomb peut avoir certains effets sur le

développement intellectuel et le comportement des enfants. Une exposition à des taux élevés de plomb peut notamment causer des maladies rénales, des retards mentaux, de l'anémie et des problèmes de reproduction. Selon le même auteur, une exposition chronique au plomb peut avoir des effets cardiovasculaires négatifs sur l'humain (saturnisme), il s'avère aussi cancérogène (Nolasco, 2013).

C- Eco toxicologie

Toxicité aigüe sur les organismes à partir de 0,1mg/l ; il se concentre de plus le long de la chaîne alimentaire (Gaujous, 1995).

I.5.2 Le cadmium

A- Propriété

Le cadmium est un métal blanc argenté, ayant des propriétés physiques proche de celle de zinc, c'est l'un des métaux les plus toxiques non essentiel dans l'environnement

(Prankel *et al*, 2004).

B- Effet sur l'homme

Le Cadmium présente des risques chez le consommateur, même à faible concentration. En effet, cette molécule tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgés (Chiffolleau *et al.*,2001).

Chez l'homme le phénomène de toxicité aigüe est connu depuis 1950 sous le nom de syndrome d'Itai-Itai défini par l'association d'une insuffisance rénale avec ostéoporose (déméralisation et fragilisation des os) et ostéomalacie (déméralisation et déformation des os), le nom de ce syndrome provient des cris poussés par les malades, riziculteurs (âgés de 40 à 60 ans) du bassin de la rivières Jistu au japon intoxiqués suite à la consommation de riz contaminés par les rejets d'une usine de métaux non ferreux.

La dose hebdomadaire tolérable (DHT) pour l'homme est de 7ug de Cadmium par kilogramme de poids corporel (Chiffolleau *et al.*2001).

C- Effets écologiques

Toxicité aiguë sur les organismes supérieurs et des algues à partir de 0,1 mg/l ; les bactéries y sont moins sensibles. Le cadmium se concentre dans la chaîne trophique (Gaujous, 1995).

I.5.3 Le fer

A- Propriété

Le fer est l'élément de transition le plus abondant, constituant 4.7 % en masse de la croûte terrestre avec une densité 7.86 g/cm³ et un point de fusion 1537 °C (Bliefert & Perraud, 2011).

B- Effet sur l'homme

Les besoins en fer alimentaire sont très importants, sous peine de carence alimentaire (anémie ferriprive). Par ailleurs, un surdosage en fer est également nocif pour la santé. En effet, une quantité trop importante de fer augmenterait le risque d'hépatite, de cancer, et pourrait être impliqué dans la maladie de Parkinson <http://www.lenntech.fr/dataperio/fe.htm>.

I.5.4 Le zinc

A- Propriété

Le Zinc est un élément chimique de symbole Zn et de numéro atomique 30, c'est un métal du couleur bleu-gris moyennement réactif qui se combine avec l'oxygène et d'autres éléments non métalliques, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène (Bentata, 2015).

B- Effet sur l'homme

L'intoxication aiguë par ingestion du zinc est relativement rare; elle provoque des Problèmes gastro-intestinaux et des diarrhées. L'inhalation chronique du zinc peut mener à une diminution de l'absorption du cuivre diététique et à des problèmes liés à une carence Cuivrique, se manifestant par une diminution du nombre d'érythrocytes (Liu *et al*; 2008).

Une inhalation aiguë d'oxyde de zinc peut occasionner les symptômes associés à une Fièvre des métaux : des douleurs thoraciques, fièvre, des nausées, une toux, des grelottements et une leucocytose. Le potentiel cancérigène du zinc n'a pas été démontré jusqu'à ce jour. Par ailleurs, une carence peut s'avérer néfaste chez l'humain (Liu *et al*; 2008).

I.6 Métaux lourds et organismes vivants

I.6.1 Biodisponibilité

La biodisponibilité d'un polluant désigne sa capacité à entrer en contact et à exercer un effet sur les organismes cibles et non cibles voire, pour les substances sujettes à une bioamplification, à s'accumuler dans les organismes et dans l'édifice trophique.

- Un polluant bio-disponible est un polluant auquel les organismes sont directement exposés.
- Au contraire, un polluant non bio-disponible est un polluant auquel les individus ne sont pas exposés. C'est le cas par exemple des polluants stockés dans les sédiments. Lorsqu'ils sont stockés, ils ne présentent un risque que pour les organismes fouisseurs (exemple : vers, larves), les organismes vivant uniquement dans l'eau ayant peu de chances d'y être exposés (exemple : les poissons) (Ramade, 1992).

I.6.2 La surveillance de l'environnement

L'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement (Ramade, 2011).

A- La bioaccumulation

La bioaccumulation est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'une substance à partir de l'eau et de l'alimentation (Ramade, 1992).

B- Les bio-indicateurs

Selon la définition de Banaru et Perez (2010), reprise par plusieurs autres auteurs, un bio-indicateur est « organisme ou ensemble d'organismes qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées » (Banaru et Perez, 2010). Le recours aux bio-indicateurs constitue donc « une mesure indirecte, substitutive, d'un phénomène écologique » (Landres et al; 1988).

I.7 Généralité sur quelques espèces pêchées dans l'Oued Soummam

I.7.1 Le barbeau (*Barbus barbuis callensis*)

A- Position systématique (Baras, 1992)

Classe : Téléostéens ;

Ordre : Cypriniformes ;

Famille : Cyprinidae ;

Genre : *Barbus* ; Espèce : Le barbeau commun ; *Barbus barbuis callensis* (Valenciennes, 1842).

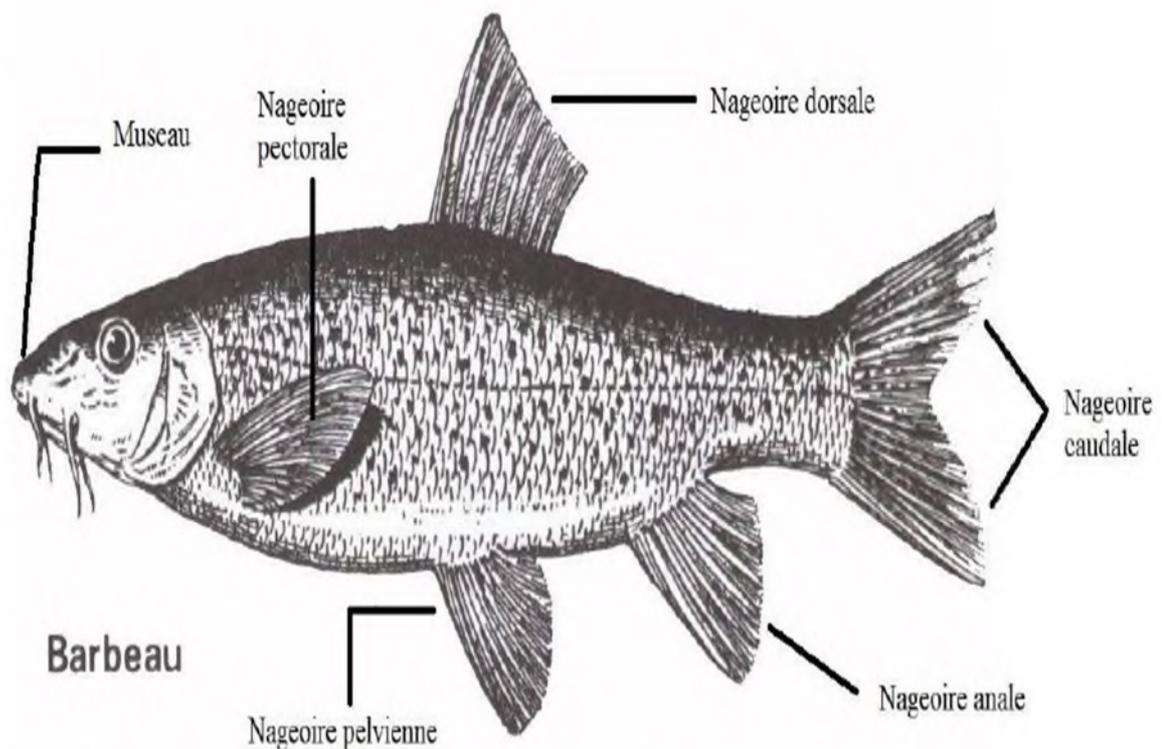


Figure 02. Morphologie du *Barbus callensis*

B- Description morpho- anatomique

Le barbeau *Barbus barbus callensis* (Valenciennes, 1842), est une espèce caractéristique de l'Afrique du Nord, le mot *callensis* vient de la première description de cette espèce dans le lac Calle situé en Algérie (Djemali, 2005)

Le genre *Barbus* est caractérisé par un corps fusiforme, à écailles cycloïdes, un œil petit, une bouche avec des lèvres épaisses et mobiles, deux paires de barbillons, d'où le nom de barbeau, une ligne latérale généralement présente et complète, le dernier rayon osseux de la nageoire dorsale denticulé ou non avec des os pharyngiens pourvus de dents. C'est une espèce rhéophile et lithophile qui préfère les rivières à fond gravier, actif surtout la nuit pour se nourrir et parfois la journée après un orage (Bouhbouh, 2002). Le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) est une espèce caractérisée par un corps allongé, légèrement comprimé centralement, la tête à une section triangulaire (24-25% de la longueur du corps), la bouche est délimitée par des lèvres épaisses et la partie supérieure porte deux paires de barbillons, les dents pharyngiennes sont disposées en 3 rangs, le dos est brun-vert, les flancs sont ombrés, le ventre est blanchâtre, avec 55-65 écailles sur la ligne latérale, les nageoires sont de teinte orangée, le premier rayon de la nageoire dorsale est épaissi et dentelé sur sa face postérieure, la nageoire caudale fortement échancrée avec un mode de locomotion carangiforme. C'est une espèce sédentaire, mais durant la saison de reproduction elle peut se déplacer jusqu'à 10km par jour (Baras, 1992). Cette espèce peut être retrouvée même dans des sites pollués comme le Rhône (Flammarion, 2000).

C- Le régime alimentaire

Le régime alimentaire du barbeau (*Barbus callensis*) est un régime diversifié en fonction de l'âge et de la taille du poisson. Il est ainsi micro-zoo-benthophage à l'état jeune puis benthophage en vieillissant avec une activité alimentaire surtout diurne (Kraiem, 1996). L'activité alimentaire chez cette espèce est réduite pendant la période de reproduction, elle est plus importante chez des jeunes que les adultes, le régime alimentaire est essentiellement basé sur des larves de diptères, éphéméroptères, de gammaridés et sur la matière végétale (Cherghou et al, 2002).

D- Reproduction

Le barbeau se reproduit en période printanière (14- 16°C), La reproduction du barbeau s'effectue dans des zones peu profondes (< 30cm) avec un courant relativement rapide (25 - 75cm/sec) et un substrat constitué d'un mélange de gravier fin et grossier (2-5 cm de diamètre). Le choix de la zone de reproduction est en fonction de la faisabilité pour les géniteurs et de la survie de la progéniture (œufs, larve) (Baras 1992).

I.7.2 La carpe commune (*Cyprinus carpio*. Linné, 1758)

A- Classification

Position systématique de la carpe (Nelson, 1994)

Phylum : Cordés

Sous classe : Actinoptérygiens

Infra-classe : Téléostéens

Ordre : Cypriniformes

Sous ordre : Cyprinoides

Famille : Cyprinidés

Nom vernaculaire : La carpe commune.



Figure 03. Morphologie externe de la carpe commune *Cyprinus carpio*.

B- Morphologie

La forme sauvage à un corps assez allongé et couvert de grosses écailles cycloïdes (35-40 écailles le long de la ligne latérale). Le corps est légèrement comprimé latéralement, moyennement élevé et plus ou moins bossu. La ligne latérale est bien évidente, La tête de la carpe n'est pas recouverte d'écailles. La bouche est protractile et entourée de 4 barbillons (2 courts et 2 longs). La carpe n'a pas de dents buccales mais possède des dents pharyngiennes. La nageoire dorsale est longue, dépourvue de rayons épineux et le premier rayon est denté. Le bord supérieur de la nageoire est ondulé. La nageoire caudale est bien développée et possède un bord postérieur échancré.

Taille : La taille moyenne se situe autour de 50-60 cm mais peut atteindre 1,20 m pour un poids de 30 kg.

Coloration : Le dos est sombre et présente une coloration de gris-vert à gris-brun. Cette coloration est variable suivant l'habitat, généralement verdâtre à brunâtre. Sur les flancs, les écailles présentent des reflets dorés. Le ventre est blanc crème ou jaunâtre.

Longévité : La carpe est connue pour sa longévité, en moyenne entre 15 et 20 ans, mais elle peut vivre jusqu'à 50 ans (Boubou H ; 2016).

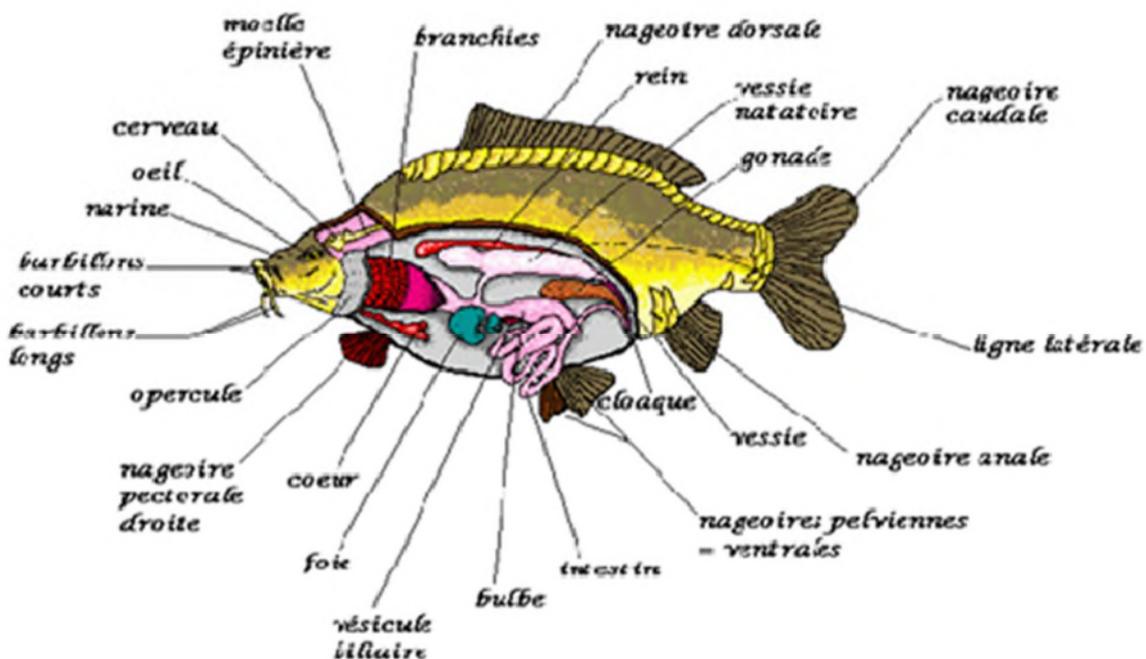


Figure 04. Morphologie et anatomie de la carpe.

(<http://www.karpeace.com/carpe/anatomie-de-la-carpe/>)

C- Régime alimentaire

La carpe est un poisson omnivore qui possède un large spectre alimentaire avec une nette préférence pour la nourriture benthique disponible sur le fond vaseux de son habitat. Les larves d'insectes, les mollusques, les vers et les petits crustacés. Elle ingère également des débris végétaux et des bactéries fixées sur des matières en suspension dans l'eau. La carpe commune fouille les vases et les limons du fond pour trouver sa nourriture (Boubou H; 2016).

D- Reproduction

La carpe tient son nom de sa grande fécondité. La période de reproduction a lieu durant le printemps et l'été à une température de l'eau supérieure à 18-20°C. Le frai est bruyant et ponctué de sauts. La femelle dépose ses œufs adhérent sur le fond et sur les plantes aquatiques dans des zones peu profondes. Les œufs incubent durant une semaine en restant collés aux plantes sans soins parentaux. Une carpe de bonne taille peut produire plusieurs millions d'œufs (Boubou H ; 2016).

I.7.3 Le mulot jaune (*Mugil cephalus*) (Linné, 1758)

A- Classification

La classification taxonomique du mulot jaune est représentée sur la figure 05.

Embranchement : Cordes	Ordre : Perciformes
Classe : Osteichthyens	Famille : Mugilides
Sous-classe : Actinopterygiens	Genre : <i>Mugil</i>
Infra-classe : Teleosteens	Espèce : <i>Cephalus</i> (Linné, 1758)
Noms vernaculaires : Bourri	

Figure 05. Taxonomie du mulot jaune

B- Morphologie

Mugil cephalus est facilement identifié grâce à sa forme cylindrique et robuste, et à sa tête large dont la largeur dépasse celle de la fente buccale. Sa coloration adulte est gris bleuâtre ou verdâtre, devenant argentée le long des côtés du corps, et blanc du côté ventrale. Ce poisson présente 6-7 barres horizontales noires le long des côtés du corps, la ligne latérale n'est pas évidente. Les nageoires pectorales sont courtes placées haut sur les côtés, et les nageoires pelviennes sont abdominales. *Mugil cephalus* a un museau émoussé, et une bouche légèrement petite (Bouhadiba-Chenait, 2009).

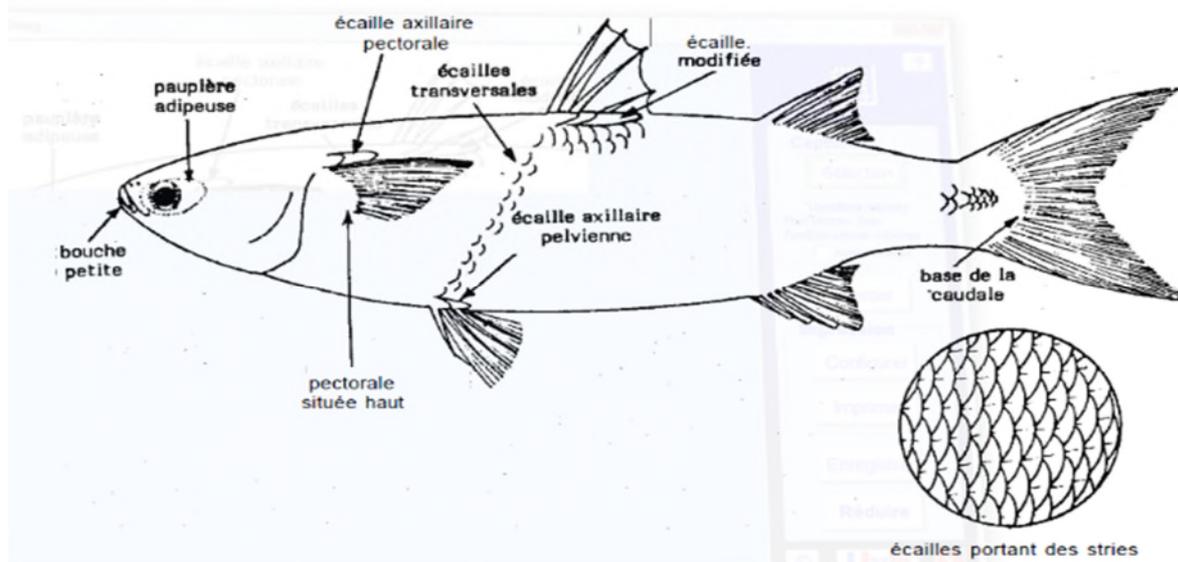


Figure 06. Morphologie générale du mulot

(<http://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/connaitre-mulot>)

C- Régime alimentaire

La littérature rapporte en effet que le mulot est principalement détritivore et phytoplanctonophage mais qu'occasionnellement, il peut ingérer des petits organismes (Bouhadiba-Chenait, 2009).

D- Reproduction

Cette espèce est catadrome, c'est-à-dire ils engendrent dans l'eau salée passent encore la plupart de leur vie dans l'eau douce. Pendant les mois d'hiver et d'automne, le mulot adulte migre loin en mer dans de grandes accumulations pour engendrer (Bouhadiba-Chenait, 2009).

II. Matériel et méthode

II.1 Présentation de la zone d'étude : la vallée de l'oued Soummam

Le choix du site de notre étude est porté sur l'oued Soummam. Il représente le principal oued de la région de Bejaia.

Le choix a été motivé par l'importance écologique que représente cet écosystème pour la région de Bejaia et par la forte pression que subit celui-ci en matière de pollution. En effet ce secteur continue à recevoir beaucoup de rejets polluants à cause de nombreuses Unités industrielles installées sur ses rives et ses affluents, sans oublier les décharges publiques (Sidi Aiche, Temezrith) et le nombre important des huileries modernes de la région.

II.2 Délimitation géographique

II.2.1 Le bassin versant de la Soummam

Le bassin versant de la Soummam s'étend sur une superficie de 9125 km², il se trouve à peu près à mi-chemin entre Alger et Constantine. Comme principale caractéristique physique, il se compose de deux plateaux (le plateau de Bouira et le plateau de Sétif) et de la vallée de la Soummam. Il est limité au Nord par les montagnes du massif du Djurdjura, par la mer méditerranéenne et les chaînes côtières de la Kabylie de la Soummam. Au Sud, il est limité par le contrefort des monts de Hodna (Fig. 07). Ce bassin rassemble diverses particularités : il possède un relief hétérogène qui passe d'un secteur relativement plat et dénudé à un secteur montagneux front à la mer méditerranéenne d'où résulte la formation de plusieurs étages bioclimatiques, en passant d'un domaine humide méditerranéen à influence maritime à un domaine semi-aride à influence continental (Benhamiche, 1997).



Figure 07. Carte du bassin versant de la Soummam (agence nationale des ressources hydrauliques, 2005).

II.2.2 La vallée de l'oued Soummam

L'oued Soummam résulte de la jonction en amont d'Akbou de deux oueds important : l'oued Bou Sellam qui descend des hauts plateaux de Sétif (Fermatou) et l'oued Sahel qui descend des montagnes du Djurdjura et du plateau de Bouira, Il se jette dans la mer Méditerranée à Béjaïa, après un cours de 80 km environ orienté Sud-Ouest et Nord Est. Il se développe dans une vallée comprise entre deux massifs montagneux les Bibans- Babors à Est et Gouraya-Akfadou à l'Ouest (Fig. 08). Le fond de la vallée à une largeur de la moyenne de 02 km et des resserrements jusqu'à 100m de la largeur à l'amont de Sidi-Aich et un élargissement de 04 à 05 Km dans la région d'El-Kseur et la plaine de Bejaia (Benhamiche, 1997).



Figure 08. Situation géographique de la zone d'étude (Mouni, 2009)

II.3 Caractéristiques climatiques

Le territoire de la vallée de la Soummam est caractérisé par un climat de type méditerranéen. Du littoral vers les zones d'intérieur, trois étages bioclimatiques ont été distingués (Benhamiche, 1997) :

- Etage Humide, sur le bassin versant nord avec des précipitations supérieures à 900 mm/an ;

- Etage sub-humide entre El Kseur et Sidi Aich, avec une pluviométrie moyenne de 600 à 900 mm/an ;
- Etage semi-aride, le long de la vallée de Sidi Aich à Tazmalt, avec une pluviométrie relativement faible allant de 400 à 600 mm par an et des températures légèrement plus élevées allant de 26 à 30°C.

II.4 Echantillonnages et méthodes de prélèvements

L'échantillonnage au niveau de l'Oued Soummam a été effectué durant les mois Avril et mai 2019, quatre (04) espèces de poissons ont été capturées dans les trois sites de pêche choisis pour leurs positions stratégiques et leurs accessibilités (Fig. 09).

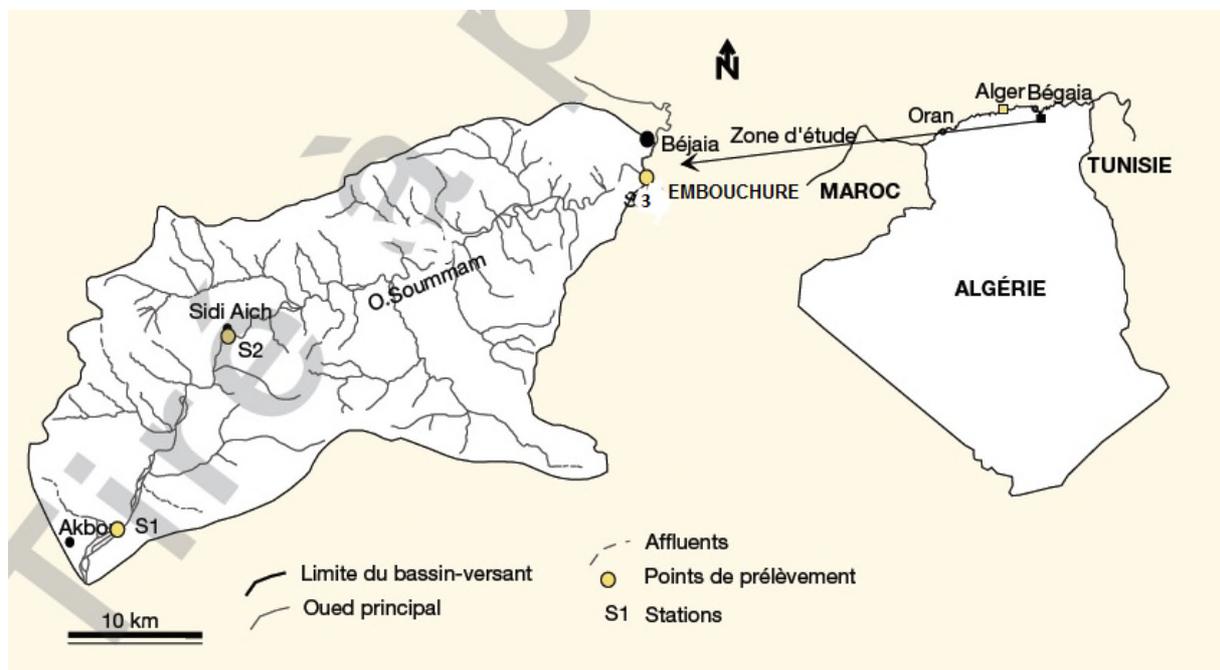


Figure 09. Localisation des stations de pêches (Mouni ; 2011). Modifier

II.4.1 La pêche

Les méthodes de pêche varient selon le lieu et l'objectif de l'étude. Nous avons personnellement réalisé l'échantillonnage en utilisant la pêche au filet (trémail), une canne avec un filet maillé (avec une pâte à base de pain comme appât) et une palangrotte (vers de terre comme appât).

Au totale 29 individus appartenant à 4 espèces de poisson sont capturées dans les trois stations de l'Oued Soummam (Tab. II).

Tableau II.1 Nombre d'individus par espèce capturé dans les différents sites.

Zone	<i>(Barbus callensis)</i>	<i>(Cyprinus carpio)</i>	<i>(Anguilla anguilla)</i>	<i>(Mugil cephalus)</i>
AKBOU	3	5	2	-
TIMEZRIT	3	4	-	-
EMBOUCHURE	-	-	2	10

II.5 Traitements des échantillons

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

II.5.1 Matériels utilisés

- Feuilles millimétrées.
- Plaque chauffante.
- Balance.
- Bêcher
- Mortier.
- Tube à essai.

- Fiole de 50 ml.
- Papier filtre.
- Boite de pétrie.
- Papiers absorbants
- Scie en plastique.
- Hôte.

- Creusets en porcelaine.
- Etuve.
- Lame en verre.

II.5.2 Solutions

- Eau pure.
- Eau distillée.
- Eau oxygénée (H_2O_2).
- Acide nitrique (HNO_3) à 65%.

II.5.3 L'étude biométrique

Les poissons capturés ont fait l'objet d'une étude biométrique, les longueurs (L, cm) et les poids (P, g) ont été mesurés en utilisant respectivement une règle graduée et une balance (précision de 0,1mg).

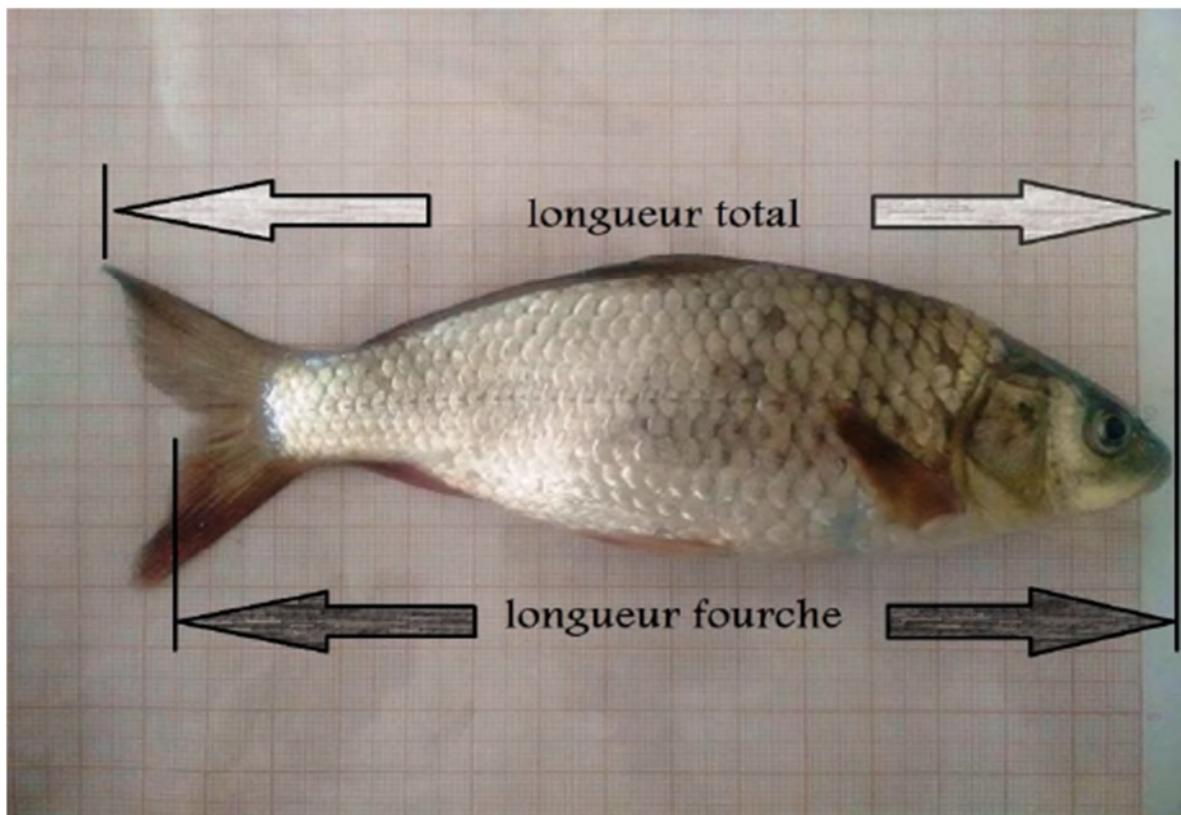


Figure 10. Mensuration de la carpe. (Original)

Les mensurations réalisées sur les différents spécimens échantillonnés sont résumées comme suit: (Fig.11)

- ✓ **Longueur totale (Lt):** définit la distance séparant le bout du museau du poisson jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale mesurée en centimètre.
- ✓ **Longueur à la fourche (Lf):** mesure la distance de l'extrémité de la bouche à la fourche de la nageoire caudale mesurée en centimètre.
- ✓ **Longueur standard (Ls):** c'est la distance séparant le bout du museau du poisson à la base de la nageoire caudale mesurée en centimètre.
- ✓ **Poids total (Pt):** représente le poids en gramme du poisson entier.
- ✓ **Poids éviscéré (Pe):** c'est le poids en gramme du foie et de ses gonades.

II.5.4 Dissection

La dissection du poisson a été réalisée grâce à une trousse de dissection, une incision suivant la ligne médio-ventrale (de l'anus jusqu'aux opercules). Peser l'individu sans ses organes internes (poids éviscéré). Isoler les gonades pour reconnaître le male de la femelle.

Prélever le muscle dorsal. Mettre la peau dans des boîtes de pétri et conserver dans un congélateur à une température de -18 C° .

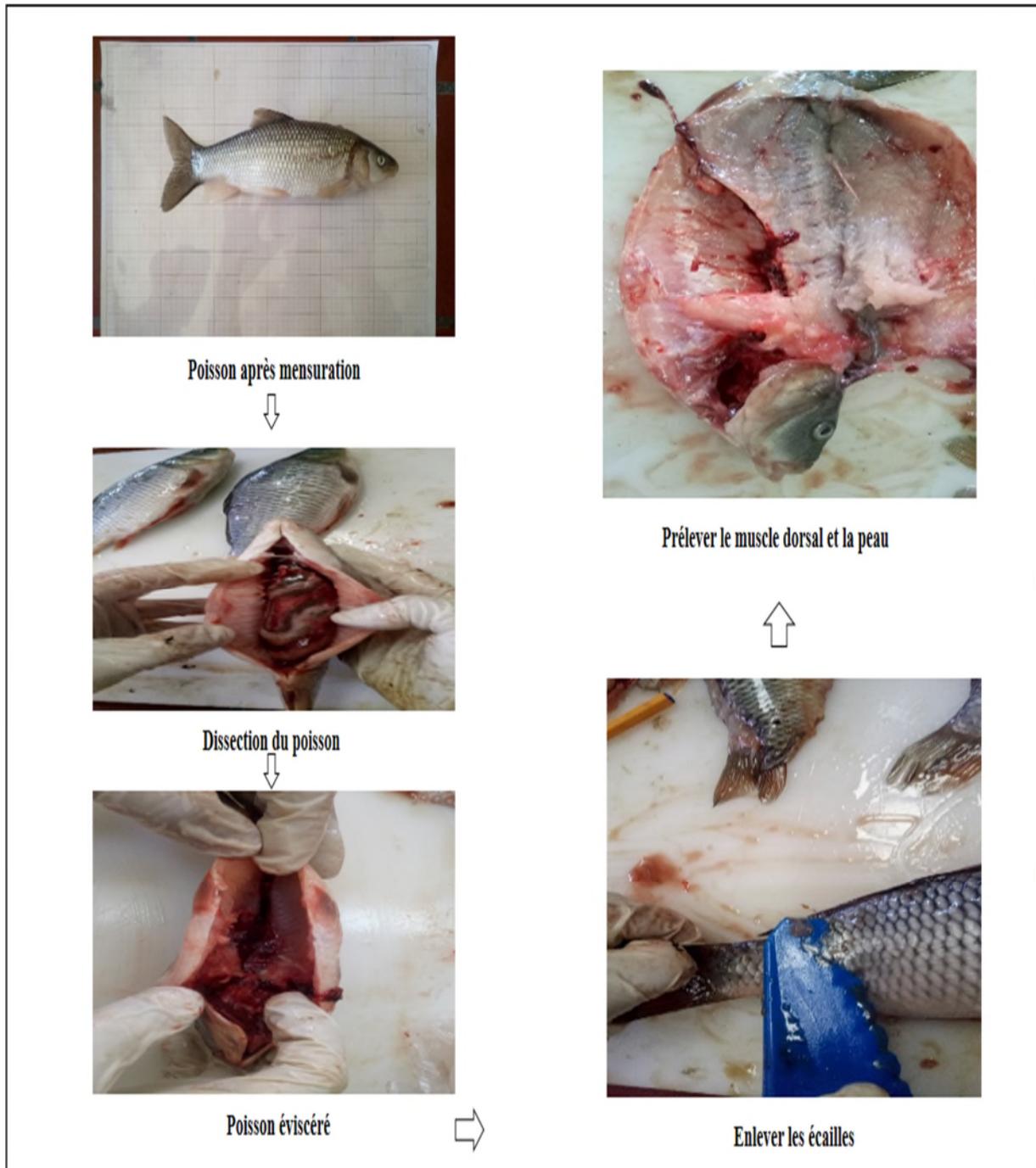


Figure 11. Les étapes de prélèvements du muscle dorsal (original).

II.5.5 Séchage

Cette étape consiste à sécher les échantillons de muscles. Ce dernier est étalé dans des boîtes de Pétris et séché dans l'étuve sous une température de 150°C pendant 30mn. Le but de cette étape est d'éliminer toute l'eau afin d'obtenir une matière sèche facilement conservable. (CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2003).



Figure 12. Séchage du muscle et de la peau. (Original).

II.5.6 Homogénéisation

Pour chaque individu, le muscle est broyé à l'aide d'un mortier en porcelaine. Le broyat obtenu est une poudre sèche susceptible d'être conservée longtemps, cette texture facilite également la solubilisation des échantillons.

II.6 Dosage des Métaux lourds

Le dosage des métaux étudiés (Pb, Cd, Cu, Zn,) a été réalisé par la spectrométrie d'absorption atomique à flamme. C'est la méthode la plus utilisée actuellement (Janin et Schnitzer, 1996), cette analyse est effectuée au niveau du laboratoire de génies des procédés de l'Université de Bejaia.

II.6.1 La minéralisation

La spectrométrie d'absorption atomique suppose que la matière organique des échantillons soit détruite (Bernhard, 1977).

Il existe plusieurs méthodes de minéralisations comme la minéralisation par voie humide ou la minéralisation par voie sèche (Amiard et al, 1987). Pour notre protocole nous avons utilisé la minéralisation par voie humide, elle consiste à une attaque à chaud par un acide fort dans le but de faire passer les métaux lourds, associés à la matière organique, en solution (Bernhard, 1977). Dans notre cas, nous avons utilisé l'acide nitrique.

La minéralisation a pour but: D'éliminer l'action perturbatrice du substrat protéique; D'ioniser les métaux lourds; D'assurer leur concentration.

Les étapes de la minéralisation sont comme suit:

- ❖ Peser 0.5g de l'échantillon à analyser;
- ❖ Ajouter 5ml d'acide nitrique à 65% de pureté et 2ml d'eau oxygénée dans le but de détruire toute matière organique.

Chauffage dans une étuve à une température de 150°C pendant une durée de deux heures. (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2003)

II.6.2 La Filtration

Après l'étape de la minéralisation, le "minéralisât" obtenu est filtré à l'aide d'un papier filtre dans une fiole de 50 ml dans laquelle est rajouté de l'eau pure jusqu'au trait de jauge.

La solution obtenue est conservée dans des godets étiquetés jusqu'au moment du dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique.

- **Principe général de la S.A.A**

La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux lourds. Elle est basée sur la propriété des atomes, de l'élément à doser, qui peuvent absorber des radiations de longueurs d'ondes déterminées.

Le dosage des métaux étudiés (Pb et Cd) a été réalisé par la spectrométrie d'absorption atomique à flamme. C'est la méthode la plus utilisée actuellement (GHANJAOU, 2009).

II.6.3 Etalonnage

La S.A.A est une méthode expérimentale qui exige l'étalonnage de l'appareil, avec des solutions standards de concentration connue. Pour notre cas, on a utilisé la méthode qui consiste à mesurer la concentration d'un élément dans un échantillon, et cela par comparaison directe avec des teneurs connues du même élément. L'appareil est étalonné à partir des solutions standards contenant des teneurs connues du métal.

II.7 Calcul et expression des résultats

Les résultats sont obtenus à l'aide d'un traitement informatisé des données et sont exprimés en mg/l pour chacun des métaux dosés. Les résultats finaux sont exprimés en mg/kg d'échantillon en poids sec, selon l'équation suivante :

$$C = [(A \times V) \div P] \times F$$

C : concentration du métal dans l'échantillon (mg/kg);

A : concentration du métal dans la solution dosée (mg/l);

V : volume final en ml;

P : prise d'échantillon en gr;

F : facteur de dilution de la solution dosée, si nécessaire.

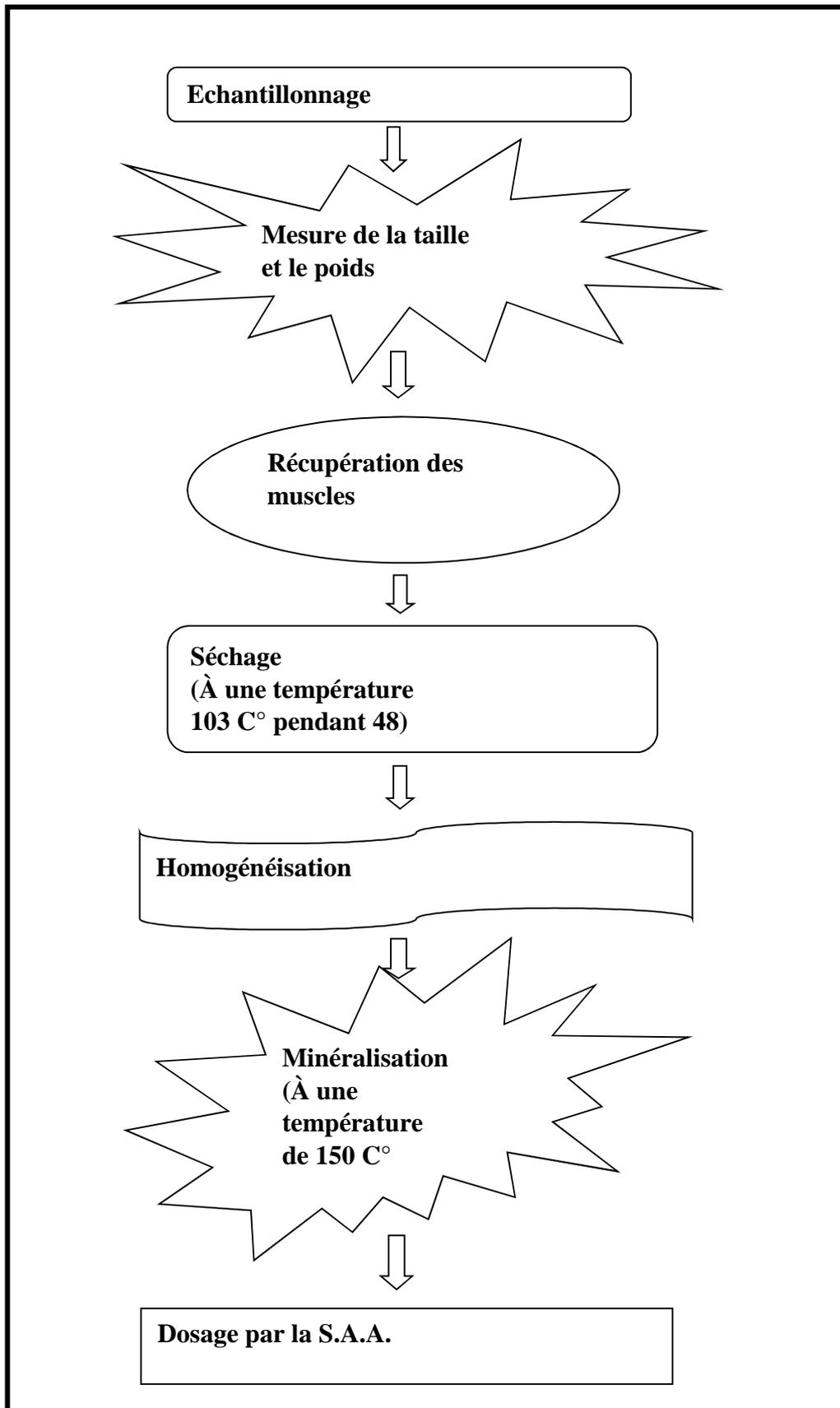


Figure 13. Résumé du protocole expérimental suivi dans notre étude.

Les résultats du présent travail concernent d'une part la répartition, les caractéristiques biométriques des poissons échantillonnés au niveau de l'oued Soummam d'autre part les traces des métaux lourds accumulés au niveau du muscle de ce poisson.

III.1. Répartition par station et caractères biométriques de quelques espèces de poissons de l'oued Soummam

Durant le mois de mai 2019, Nous avons échantillonné trois espèces de poissons (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*) au niveau de l'oued Soummam. Leurs répartition par stations (Akbou, Timezrit et embouchure) et leurs caractéristiques biométriques sont regroupées dans le tableau III.1 et Annexe.

D'après les résultats obtenus pendant notre échantillonnage des poissons d'eau douce (Tableau I), l'espèce *Mugil cephalus* (mulet) est retrouvée uniquement dans l'embouchure de l'oued Soummam. Il mesure en moyenne $26,88 \pm 6,61$ cm et pèse $204,76 \pm 230$ g. Nos résultats sont plus élevés que ceux de Hamitouche et Haderbache (2017) ayant travaillé aussi dans l'oued Soummam (poids moyen $151,14 \pm 24,99$ g) et seulement $(25,9 \pm 1,55)$ cm de longueur. D'après Seret (2011), le mulet (*Mugil cephalus*) atteint communément 60 cm de long et exceptionnellement 120 cm pour un poids de 8 kg.

Cinq individus de carpe (*Cyprinus carpio*) ont été pêchés au niveau de la station Akbou. Ils mesurent en moyenne 20,8 cm et pèsent 182,78 g. Quatre individus de la même espèce ont été appâtés au niveau de la station Timezrit. Ils pèsent un peu plus (211,5 g) et sont légèrement plus longs (22,77 cm) par rapport à ceux pêchés au niveau de la station d'Akbou. Au niveau de la station d'Akbou, Hamitouche et Haderbache (2017) ont enregistré des résultats plus élevés ($34,25 \pm 0,35$ cm) et ($574,85 \pm 9,54$ g).

Egalement, le Barbeau *barbus callensis*, a été amorcé dans les deux stations Akbou et Timezrit. Mais les individus de cette espèce pêchés au niveau de la station d'Akbou sont plus longs (23,8 cm) et pèsent plus (154,6 g) que les trois individus pêchés dans la station Timezrit (13,93 cm) pour un poids moyen de 40,23 g. Hamitouche et Haderbache (2017) signalent des valeurs moyennes plus élevées que les notre au niveau de la station d'Akbou ($217,53$ cm) et (25 g). Arezzouk (2017) ayant travaillé au niveau du barrage de TICHY-HAF, bejaia confirme que le barbeau est un poisson de taille modeste ne dépassant pas les 30 cm pour un poids de 800 g,

Tableau III.1 Répartition par station et caractères biométriques de quelques espèces de poissons de l'oued Soummam.

Station	Espèces	N°	Taille		Poids	
			Total (Cm)	Fourche (Cm)	Total (g)	Eviscéré (g)
Embouchure	Mulet <i>Mugil cephalus</i>	1	25	21	131,8	116,7
		2	23,5	19,5	103	68,2
		3	18,7	15,3	46,6	40,6
		4	27,7	23,5	182	160,8
		5	22	18,5	91,8	78,8
		6	28	23,5	178,2	154,8
		7	27,2	22,7	233	193,6
		8	23,8	20,5	114,3	93,5
		9	29,6	25	224,9	194,7
		10	43,3	37,1	842	734,6
			Moyenne	26,88	22,66	204,76
Akbou	Carpe <i>Cyprinus carpio</i>	1	21,4	17,6	151,4	132,7
		2	14,8	12	58,7	52,9
		3	27,9	23,3	377,8	323,9
		4	23,6	19,9	248,7	211,1
		5	16,3	13	77,3	62,6
		Moyenne	20,8	17,16	182,78	156,64
	Barbeau	1	21	18,3	136,7	109,7
		2	25,5	18	119,9	95,5

	<i>Barbus callensis</i>	3	24,9	20,9	207,2	160,2
		Moyenne	23,8	19,06	154,6	121,8
Timezrit	Carpe <i>Cyprinus carpio</i>	1	15,2	13	48,3	39,7
		2	151	12,3	50,7	41,5
		3	11,5	10	21,7	18,5
		Moyenne	13,93	11,76	40,23	33,23
	Barbeau <i>Barbus callensis</i>	1	20,6	17,5	158,7	134
		2	25,2	21,5	269,2	227
		3	22,7	19,2	198	171,2
		4	22,6	19,3	220,1	182,7
		Moyenne	22,775	19,375	211,5	153,72

III.2 Teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans le muscle de la carpe (*Cyprinus carpio*).

Selon Benoit-Chabot (2014), un indicateur biologique est un organisme ou un ensemble d'organismes qui par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées.

Il est à noter que les trois espèces de poissons d'eau douce pêchées dans l'oued Soummam sont des indicatrices biologiques de pollution (Hamitouche et Haderbache, 2017). Cependant Les résultats du présent travail se limitent uniquement au dosage des métaux lourds dans le muscle de la carpe *Cyprinus carpio* (Disponibilité de l'appareil du dosage SAA). La présence des traces d'éléments métalliques dans le muscle de cette espèce est confirmée (Tableau II et Fig. 15).

Tableau III.2 Teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons de l'oued Soummam

Espèces de poissons	Eléments traces métalliques (mg/kg)			
	Fe	Zn	Pb	Cd
Cyprinus carpio	66	31,6	0,3	0

Les teneurs moyennes des métaux lourds (Cd, Pb, Zn et Fe) dans le muscle du poisson (*Cyprinus carpio*) de l'oued Soummam, montrent l'absence totale des traces du Cd ; résultat confirmé aussi par Hamitouche et Haderbache (2017). De même que Caudron (2006), dans le bassin de l'Arve en France et Youssao et *al* (2011) au niveau du lac Nokoné au Benin. D'après Gaujous (1995), les effets écologique du Cd : Toxicité aiguë sur les organismes supérieurs et des algues à partir de 0,1 mg/l; les bactéries y sont moins sensibles. Le cadmium se concentre dans la chaîne trophique. Cependant El Morhit et *al.* (2012) ont trouvé des traces de Cd dans le muscle de *Barbus callensis* (0,027mg/kg) et dans celui de *Mugil cephalus* (0,022mg/kg) au niveau de l'estuaire du bas Loukkos (Maroc). Les traces du Cd (0,009mg/kg) ont été également détectées dans le muscle du barbeau de rivière (*Barbus barbus*) vivant dans le Fleuve Saint-Laurent à Québec (Araujo, 2013). Yilmaz (2009) a détecté les traces du Cd dans le Mulet (0,14mg/kg) au niveau du lac Köycegiz-Mugla en Turquie. Egalement le poisson (*Oreochromis niloticus*) de Tilapia du Nil en Egypte est aussi contaminé (0,15mg/kg) Dalia et *al.* (2012).

Selon Gaujous (1995), l'effet écologique du Pb sur les organismes : Toxicité aiguë à partir de 0,1mg/l. Alors que ce polluant toxique est présent dans le muscle de la carpe de l'oued Soummam (0,3mg/kg). Hamitouche et Haderbache (2017) ont détecté des taux supérieurs très alarmants (24,835 mg/kg) et qui dépassent largement la norme internationale (0,3 mg/kg). Cette différence montre que la teneur du Pb accumulée par cette espèce de poisson dépend probablement de l'âge des poissons étudiés (paramètre qu'il faut développer en parallèle au cours des prochaines études). Les poissons vivant dans l'estuaire du bas Loukkos au Maroc, seulement 0,027 mg/kg (*Mugil cephalus*) et 0,022 mg/kg (*Barbus callensis*) (El Morhit& *al.*, 2012). Il en est de même pour le barbeau de rivière (0,002 mg/kg) vivant dans le fleuve Saint-Laurent à Québec (Araujo, 2013).

Le Zn et le Fe sont des oligoéléments indispensables pour le bon fonctionnement physiologique des êtres vivants en particulier l'être humain. Mais ils deviennent toxiques à une certaine dose, c'est le cas de la présente étude Fe (66mg/kg) et le Zn (31,6 mg/kg). Hamitouche et Haderbache (2017) ont enregistré des doses supérieures Fe (149,96) et Zn (102,35) dans le muscle de la même espèce. Nos résultats sont comparables à ceux trouvés dans le lac de Mogan en Turkey dans le muscle de *Cyprinus carpio*, une moyenne de 33,20µg/g de Zn est détectée, cette valeur est 5 fois accumulée dans le foie de la même espèce avec une teneur moyenne de 154,59 µg/g (Benzer et al., 2013). Egalement Nos résultats sont presque identiques à ceux d'El morhit (2009) ayant travaillé dans l'estuar (BAS LOUKKOS) au Maroc, la teneur moyenne du Fe est (83.27mg/kg) qui est deux fois plus élevée que celle du zinc (48,75mg/kg).

III.3 Comparaison des données obtenues avec les normes internationales

Tableau Comparaison des valeurs obtenues avec les valeurs limite (Normes internationales).

	METAUX	Zn	Fe	Pb	Cd
	D.M.A	5mg/kg	-	0.3mg/kg	0.15mg/kg
Espèce	<i>Cyprinus carpio</i>	31.6mg/kg	66mg/kg	0.3mg/kg	0

Il est à signaler que le Pb est moins concentré par rapport au Fe et au Zn, en suivant l'ordre suivant établi : Fe > Zn > Pb >> Cd.

La comparaison de nos résultats aux normes internationales, nous permet de dire que le l'élément le plus toxique (Cd) est complètement absent dans la muscle de l'espèce de poisson analysé provenant de l'oued Soummam. En ce qui concerne le plomb (Pb) la valeur enregistrée est incluse dans le seuil des normes internationales. Cependant 31,6mg/kg la valeur du zinc (Zn) enregistrée, dépasse largement les doses maximales admissibles de métaux lourds dans le poisson fixées par la F.A.O.

Cette comparaison nous renseigne sans doute sur le taux de contamination important de l'oued Soummam par le Pb, Fe et Zn. Sachant que le plomb est un élément non essentiel au métabolisme des êtres vivants, de telles concentrations peuvent suggérer une provenance d'activités humaines. D'ailleurs (Mouni et al, 2009) ont mentionnés que les sources de pollution de l'Oued Soummam sont nombreuses. On compte plus de 05 établissements

industriels polluants et 33 stations lavage graissage, 58 huileries, 26 décharges non contrôlées. À cela s'ajoute un volume important d'eaux usées domestiques déversées par les communes de la vallée qui atteint 29 810 m³/j, en plus des décharges publiques installées sur les deux rives de la Soummam.

CONCLUSION

Le travail actuel constitue une contribution à l'identification des métaux lourds accumulés dans les muscles des poissons d'eau douce. Le but principal est d'évaluer la pollution métallique (Cd, Pb, Zn et Fe) de l'Oued Soummam par le dosage des métaux lourds dans le muscle de quelques espèces de poissons. Au total 29 individus appartenant à quatre espèces (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Anguilla anguilla*) ont été échantillonnées. Ces échantillons ont été minutieusement traités, séchés, broyés puis minéralisés. Les analyses par la S.A.A n'ont concerné qu'un seul échantillon de la station d'Akbou (*Cyprinus carpio*).

Les résultats obtenus ont confirmés la bioaccumulation des métaux lourds par cette espèce de poisson.

Le Cd est un métal très toxique totalement absent dans le muscle de cette espèce. Cependant les traces du Pb (élément très toxique) sont présentes avec une dose de 0,3 mg/kg. Le Fe et Zn sont des oligoéléments nécessaires à faible dose pour le corps de toutes les espèces, sans dépasser certaines normes.

Les résultats relatifs aux teneurs moyennes en éléments traces métalliques sont présents dans le muscle de l'espèce du poisson qui est *Cyprinus carpio*, pêché dans l'oued Soummam durant le mois d'Avril et le mois de mai 2019 sont comme suit : Fe 66mg/kg, Zn 31,6 mg/kg.

Le présent résultat donc peut confirmer la pollution de l'oued Soummam par les métaux lourds notamment le Fe et le Zn. La comparaison des résultats d'analyse de l'année 2017 à ceux de 2019 nous renseigne sur la perspective d'étude en parallèle de l'âge de poisson analysé afin de confirmer exactement le degré de l'accumulation des métaux lourds en fonction de l'âge du poisson.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Académie des sciences. Contamination des sols par les éléments en trace : les risques et leur gestion. Rapport 42. (1998).
- Adriano D.C. Trace elements in the environment. Springer Verlag, New York. (1986).
- Alain V., Botta A. 2007. Toxicologie : les pesticides. 2eme éd. Université Paris VII.
- Amiard, J.C., Pinneau, A., Boiteau, H.L., Metayer, C & Amiard-Triquet, C. (1987). Application de la Spectrophotométrie d'absorption atomique Zeeman au dosage de 8 éléments traces (Hg, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se) dans les matières biologiques solides. *Waters* 21(6), 693-697.
- Banaru, D. et Perez, T. (2010). *Bio-indicateurs_Biomarqueurs, Notes de cours*, Marseille, Université de Marseille, 15p. http://www.com.unis-mrs.fr/boudouresque/Master_Océanographie_Biologie_Ecologie_marine/UE_363_PROT_1_cours_Banaru_Bio-indicateurs_biomarqueurs_2010.pdf.
- Banouh D., Sadaoui A., 2010. Etude du transfert des polluants de l'interface sol vers les eaux souterraines, cas de la basse Soummam, Mémoire d'ingénieur en écologie et environnement, université A/mira, Bejaia, p 79.
- Baras, E., 1992. Etude des stratégies d'occupation du temps et de l'espace chez le barbeau fluviatile, *Barbus barbus* (L.). Ed. Service d'éthologie et de psychologie animale. Musée de Zoologie de l'université de Liège. 12 (2-3), 125-442. Pp.145-148.
- Benhamiche N., 1997. Modélisation de la relation pluie-relief par l'analyse en composantes principales (ACP) en vue de cartographie par krigeage. Application au bassin versant de la Soummam. Thèse de magister en sciences agronomiques. Hydraulique. Option Aménagement et mise en valeur, INA El-Harrach, Algérie, 153p.
- Bentata, K. (2015). Evaluation de la contamination métallique par trois métaux (Cd, Ni et Zn) du rouget de vase *Mullus barbatus* (L., 1758) pêché au niveau de la côte occidentale algérienne. *Thèse de magister*, université d'Oran, 122 p.
- Bernhard, M.(1977). "Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique : 3ème partie échantillonnage et analyse du matériel biologique", FAO .Document technique sur les pêches N° 158 ; 139.
- Bliefert C. et Perraud R., 2001 - *Chimie de l'environnement : Air, eau, sol, déchets*. 1er Édition, Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 478 p.
- Bliefert C. et Perraud R., 2001 - *Chimie de l'environnement : Air, eau, sol, déchets*. 1er Édition, Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 478 p.
- Bouhadiba-Chenait S. 2009 - *Evaluation des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mulot (*mugil cephalus* Linné 1758) pêcher dans les baies d'Oran et béni Saf*. *Mag, Sci, Env, Univ., Oran*, 114 p.
- Bliefert C. et Perraud R., 2011 - *Chimie de l'environnement : air, eau, sol, déchets*. 2ème Édition, Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 465 p.
- Boubou H. (2016). ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT : SCIENCES DE LA MER. Eco-toxicologie des produits de la pêche continentale, cas de la Carpe commune (Barrage Boughrara). Thème de mémoire master. Université tlemcen, 21-23 P.
- Bouhadiba-Chenait S. 2009 - *Evaluation des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mulot (*mugil cephalus* Linné 1758) pêcher dans les baies d'Oran et béni Saf*. *Mag, Sci, Env, Univ., Oran*, 114 p.
- Bouhbouh, S., 2002. Bio-Écologie de *Barbus callensis* (Valencienne 1842) et *Barbus fritschi* (Günther 1874) au niveau du réservoir Allal el Fassi (Maroc). Thèse doctorat national Es-Sciences. Faculté des sciences dhar el mehraz Fes. Université Sidi Mohamed ben abdallah.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Catsiki V.A et Catsielleri C.H.(1992) . *Presence of chromium in p. nobles collected from a polluted area. Fresenius envir.bull.1 1,pp6444-649.*
- *cephalus and Oreochromis niloticus*) Inhabiting Köycegiz Lake-Mugla
- Cherghou, S., Khodari, M., Yaâkoubi, F., Benabid, M., Badri, A., 2002. Contribution à l'étude du régime alimentaire du barbeau (*Barbus barbus callensis* Valenciennes, 1842) d'un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc) : Oued Bouferkrane. Rev. Sci. Eau. 153-163.
- Chiffolleau, J.F., Auger ,D., Chartier, E., Michel, P., Truquet, I., Ficht, A., Gonzalez, J. L.,et Romana, L. A.(2001). «Spatiotemporal changes in Cadmium contamination in the Seine estuary (France) ». *Estuaries* 24 (6B): 1029-1040.
- Chilla D.et Akroun N .1998. Contribution à l'évaluation du degré de pollution de l'oued Ighzer Amokrane commune d'Ouzellaguen. Diplôme d'étude universitaire appliquée en science de l'environnement. Université A/Mira, Bejaia, 74 p.
- Dalia E. Abd-El –Khalek- Soaad El . El –Gohary - Gehan M. El –Zokm (2012), The Egyptian Society of Experimental Biology ; Egypt.
- Diffus J.H. (1980)Environnement toxicology. Arnold. Pp68-76.
- Direction de l'environnement de la wilaya de Bejaia, résultats2010-2011.
- Djemali, I., 2005. Evaluation de la biomasse piscicole dans les plans d'eau douce tunisiens : Approches analytique et acoustique. Thèse de doctorat en sciences agronomiques Spécialité : Halieutique. 1-32.
- DSA, « annuaire statistique du secteur agricole de la wilaya de Bejaia », résultats 2011-2014.
- El hilali M. 2007 - L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L., 1758) dans le bas-Sebou : biologie et infection par *Anguillicola Crassus*. Thèse doc, Univ, MOHAMED V, Rabat : 200 p
- Fergusson J. E. Heavy metals pollution by traffic in Choustchurch, New Zealand: Lead and cadmium content of dust, soil, and plants. New Zetland journal of science. vol 23, p2830, (1980).
- Fergusson J. E. Heavy metals pollution by traffic in Choustchurch, New Zealand: Lead and cadmium content of dust, soil, and plants. New Zetland journal of science. vol 23, p2830, (1980).
- Flammarion, P., 2000. Mesure d'un bio marqueur de pollution chez des poissons d'eau douce. Ed.ISBN2.Pp. 35.
- Garnier, R. (2005). Toxicité du plomb et de ses dérivés. *EMC - Toxicologie-pathologie*, vol. 2, n°2, 67-88.
- Gaujous D. 1995 - *La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire*. 2ème Ed, Ed.Lavoisier, paris : 220 p.
- Gerard M. 2000 - *les effets des métaux lourds sur l'environnement et la sante*. Rapport : 365 p.
- Ghabbane N. 2003. Les eaux usées urbaines. Mémoire de magister en gestion écologique de l'environnement urbain. Université Mohamed Boudiaf, Msila, p145.
- Hamitouche M. & .Haderbache Md S. 2017. Evaluation de la pollution métallique de l'Oued Soummam par le dosage des métaux lourds dans le muscle de quelques espèces de poissons. Mémoire Mastère, en Sciences Biologique, Option: Environnement et sécurité alimentaire Université A/Mira, Bejaia, pp 45.
- Hammi K.2011. Inventaire des émissions polluantes au niveau de la vallée de la Soummam. Mémoire de fin d'étude master en science naturelle de l'environnement. Université A/Mira, Bejaia, pp 65.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Ibrahim F ; Boukendoul N.2015. mémoire de fin de cycle : synthèse bibliographique sur l'impact de la pollution au niveau de la vallée de la Soummam. Université A/mira de Bejaia, p23.
- Janin, F., Schnitzer, G.(1996)."Méthodes de dosage des métaux lourds et élément traces dans les denrées alimentaires" in "Plomb, Mercure et Cadmium dans l'alimentation: évaluation et gestion du risque", rapport du conseil supérieur d'hygiène publique de France, section de l'alimentation et de nutrition, ministère du travail et des affaires sociales, direction générale de la santé (Paris, Ed. Lavoisier; Tec & Doc); 137p.
- Kadri S, Aissou I. 2011. Contribution à l'étude de l'impact sur la santé publique des activités industrielles au niveau du bassin versant de l'oued Soummam-région de Bejaia. Mémoire de master II en environnement et santé publique. Université A/Mira, Bejaia, p 57.
- Kraiem, M., 1996. The diet of *Barbus callensis* (Cyprinidae) in northern Tunisia. Vol. 20, No1, Pp. 75-85.
- Landres,P., Verner, J. and Ward Thomas, J. (1988) Ecological uses of vertebrate indicator species : a critique. *Conservation Biology*, vol. 2, no 4, p. 316-328
- LEVEQUE C. 1996 - *Ecosystèmes aquatiques*. Ed, Hachette : 159 p.
- Liu.,Goyer,R.A.and Waalkes,M.P.(2008).Toxic effects of Metals in Casarett,L.J.and Doull,J.,Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons(chap 23, 931-979p).New york,the Mc Graw-Hill companies.
- Loi n 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- Miquel, M. 2001.Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, N° 2979 Assemblée Nationale, N°261 Sénat.
- Mouni, L. 2009. Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). Sécheresse, 2009, Volume 20, Numéro 4. 361p
- Nelson J.S., 1994. Fishes of the world. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York, 600p.
- Nolasco, R. (2013).Evaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés d'intérêt sportif du fleuve Saint-Laurene à Québec. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de *maître en environnement (M. Env.)* université de Sherbrooke : p.34.
- Prankel, S.M.;Nixon R.H.;Philips, C.J.C.(2004).Méta-analysis of feeding trials investigating cadmium accumulation in the livers and kindeys of sheep.Environmental research 94,171,183.*Revue de medecine interne* ,17:826-835.
- protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- Ramade F., 1992. Précis d'écotoxicologie, Paris.
- Raven P. H., Berg L. R. et HASSENZAHN D. M. 2008 - *Environnement*. 6ème Ed, Ed, De Boeck : 687.
- Tarras-Wahlberg, N H; Flachier, A; Lane, S N; Sangfors D. Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: The Puyango River basin, southern Ecuador. *Sci Total Environ* ; 278 : 239-61. (2001).
- Yilmaz.F(2009), The Comparison of Heavy Metal Concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) ; Turkish Journal of Science & Technology Volume 4, No 1,7-15

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Sites internet consultés :
- . <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/effets-du-plomb-sur-la-sante>, consulté le 20/04/2019.
- .<http://www.lenntech.fr/dataperio/fe.htm>, consulté le 22/04/2019.

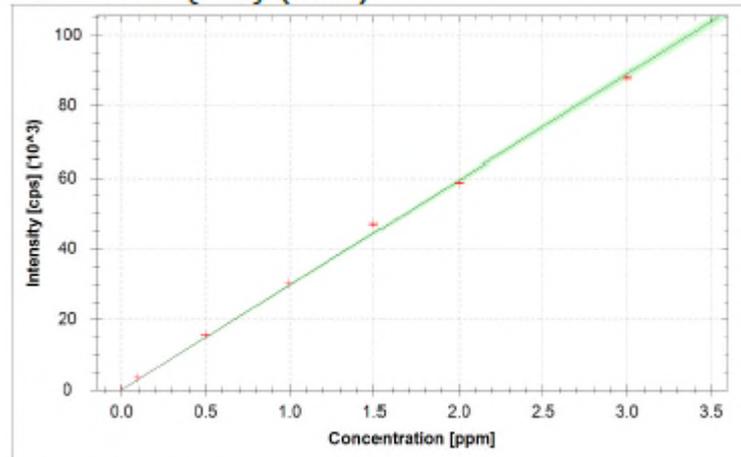
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I paramètres biologique des espèces analysés.

		Longueur totale (Cm)		Poids (g)	
Espèce	n	M ± E	i - x	M ± E	i - x
Mulet	10	26.88±6.61	18.7-43.3	204.76±230	46.6-842
Barbeau	6	18.86±5.77	11.5-25.5	97.41±69.89	21.7-207.2
Carpe	9	21.67±4.09	14.8-27.9	195.54±98.79	58.7-377.8

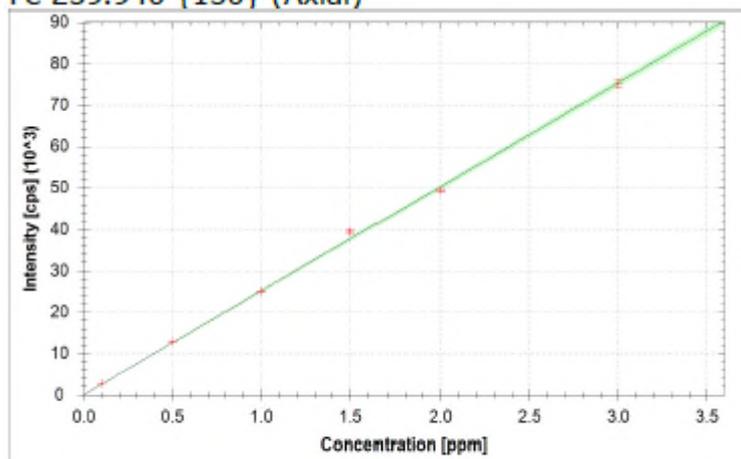
Cd 228.802 {447} (Axial)



$$f(x) = 29645.3581 * x + 7.3172$$
$$R^2 = 0.9986$$

Figure n° 01 : Courbe d'étalonnage de Cadmium

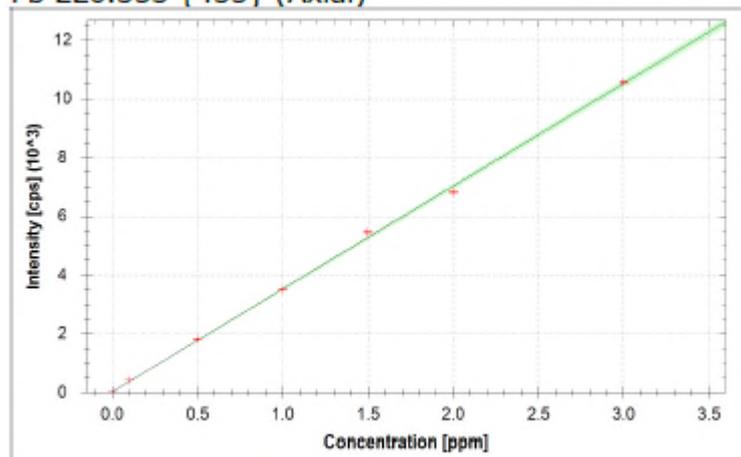
Fe 259.940 {130} (Axial)



$$f(x) = 25130.0147 * x + -0.5220$$
$$R^2 = 0.9990$$

Figure n°02 : Courbe d'étalonnage du Fer

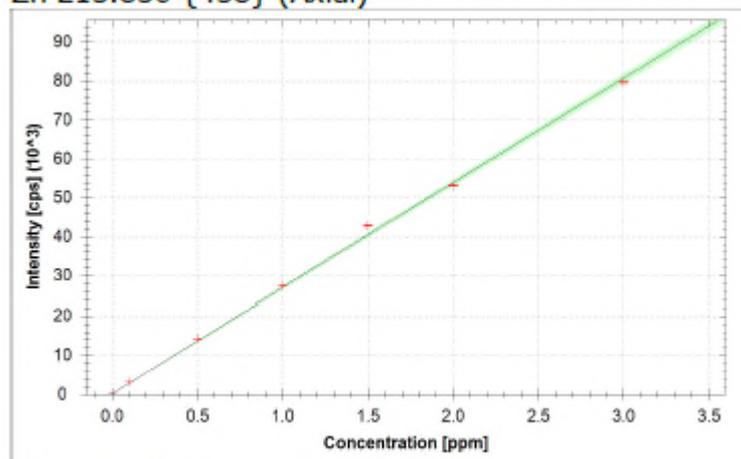
Pb 220.353 {453} (Axial)



$$f(x) = 3501.5607 * x + 15.2228$$
$$R^2 = 0.9990$$

Figure n°03 : Courbe d'étalonnage du Plomb

Zn 213.856 {458} (Axial)



$$f(x) = 26843.6578 * x + 173.2315$$
$$R^2 = 0.9984$$

Figure n°04 : Courbe d'étalonnage du Zinc

Résumé

Ce travail a pour but d'évaluer la pollution métallique en 'Cd, Pb, Zn et Fe' dans l'oued Soummam par l'analyse du muscle de quelques espèces de poissons (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*). Ces échantillonnages ont été minutieusement traités, séchés, broyés puis minéralisés et enfin le dosage des éléments traces métalliques est réalisé grâce à la S. A.A. Pour des raisons techniques nous n'avons pu analyser qu'un seul échantillon (muscle du *Cyprinus carpio*). Les résultats obtenus ont confirmés la bioaccumulation de ces poissons pour les métaux lourds. La présente étude montre que le cadmium (Cd) qui est l'élément le plus toxique est totalement absent au niveau du muscle de cette espèce (*Cyprinus carpio*). Le plomb (Pb) est présent à une faible dose (0,3mg/kg) qui ne dépasse pas les normes internationales. Le Fer (Fe) 66 mg/kg, comme le zinc (Zn) 31,6 mg/kg, constituent les éléments traces métalliques les plus accumulés dans le muscle du poisson étudié, les valeurs de leurs abondances par rapport aux Pb et au Cd nous indiquent une importante pollution du milieu aquatique par ces métaux. Cela pourrait être dû à la concentration de la charge polluante en ces métaux, (Fe,Zn).

Mots-clés : poisson, métaux lourds, Oued Soummam, bioaccumulation, pollution

Abstract

The purpose of this work is to evaluate the metallic pollution in 'Cd, Pb, Zn and Fe' in the Soummam wadi by muscle analysis of some fish species (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*). These samples have been meticulously processed, dried, crushed and mineralized and finally the determination of the metallic trace elements is carried out using S. A.A. For technical reasons, only one sample (*Cyprinus carpio* muscle) was analysed and the results obtained confirmed the bioaccumulation of these fish for heavy metals. This study shows that cadmium (Cd), which is the most toxic element, is totally absent from the muscle of this species (*Cyprinus carpio*), while lead (Pb) is present at a low dose (0.3mg/kg) that does not exceed international standards. Iron (Fe) 66 mg/kg, like zinc (Zn) 31.6 mg/kg, constitute the most accumulated metallic trace elements in the muscle of the fish studied, the values of their abundances compared to Pb and Cd indicate a significant pollution of the aquatic environment by these metals. This could be due to the concentration of the pollutant load in these metals, (Fe, Zn).

Keywords: fish, heavy metals, oued Soummam, bioaccumulation, pollution