

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière: Sciences Biologiques
Option: Environnement et sécurité alimentaire



Réf.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Evaluation de la pollution
métallique de l'Oued Soummam
par le dosage des métaux lourds
dans le muscle de quelques espèces
de poissons**

Présenté par:

M.HAMITOUCHE Moussa & M.HADERBACHE M^d Slimane
Soutenu le : **22 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

	Grade	
M ^{me} KHERBOUCHE D	M.C.B	Présidente
M ^{me} SALMI-GHERBI R	M.C.B	Encadreuse
M ^{me} DJOUDAD-KADJI H	M.C.A	Examinatrice

Année universitaire: 2016/2017

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière: Sciences Biologiques
Option: Environnement et sécurité alimentaire



Réf.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Evaluation de la pollution
métallique de l'Oued Soummam
par le dosage des métaux lourds
dans le muscle de quelques espèces
de poissons**

Présenté par:

M.HAMITOUCHE Moussa & M.HADERBACHE M^d Slimane
Soutenu le : **22 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

	Grade	
M ^{me} KHERBOUCHE D	M.C.B	Présidente
M ^{me} SALMI-GHERBI R	M.C.B	Encadreuse
M ^{me} DJOUDAD-KADJI H	M.C.A	Examinatrice

Année universitaire: 2016/2017

Dédicaces

J'ai le l'honneur de dédier ce
modeste travail :

A ma mère et mon père que dieu
vous protège

A mon frère et mes sœurs

A toute la famille Et à tous mes
amis

Hani

J'ai le plaisir de dédier ce modeste
travail

A mes parents qui m'ont soutenu,
aidés, et encouragés en me
donnant la volonté, la ténacité et la
confiance en soit.

A mon frère Mohamed et ma
sœur Mary.

A tous mes amis (es), ainsi qu'a
tous ceux qui ont contribuées de
prés ou de loin à l'élaboration de
ce modeste travail.

Moussa

Remerciement

Nous remercions dieu tout puissant de nous avoirs donner le courage pour terminer ce travail.

Ce mémoire n'aurait jamais vu le jour sans les encouragements des personnes que nous ne pourrons tous les citer, mais nous voudrions leur exprimer collectivement toute notre reconnaissance.

Le travail présenté doit beaucoup aux conseils de Madame *GHERBI Rachida*, on la remercie pour ses conseils et pour sa lecture attentive du manuscrit malgré son emploi du temps très chargé. Nous voudrais surtout la remercier pour l'esprit de tolérance avec lequel elle a dirigé ce travail, aussi la remercier parce qu'elle a cru en nous et elle a accepté en toute modestie d'être notre promotrice.

Nous remercions Madame Kherbouche d'avoir accepté de présider cette soutenance.

Egalement nos remerciements pour Madame *DJOUDAD-KADJI D'*avoir accepté d'examiner notre travail et d'améliorer ce manuscrit.

Nous remercions toute l'équipe de labo *LZA* et labo 07 de chimie industrielle.

Nous remercions toute personnes ayant contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.



Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1
Chapitre I : Revue bibliographiques	
I-Pollution des cours d'eaux	3
I-1 Définition de la pollution	3
I-2 Pollution des eaux	3
I-3 Les différentes formes de pollution des hydrosystèmes	3
I-4 Type, nature et source de pollution	4
I-4-1 Types de pollution	4
I-4-2 Nature et source de pollution.....	5
I-4-2-1 Pollution domestique.....	5
I-4-2-2 pollution des effluents urbains.....	5
I-4-2-3 Pollution industrielle	6
I-4-2-4 Pollution d'origine agricole.....	6
II- Les métaux lourds.....	8
II-1- Généralités.....	8
II-1-1- Définition	8
II-1-2- Classification	8
II-2 Origines des métaux lourds.....	9
II-2-1 Sources naturelles	9
II-2-1-1 Les gisements de métaux lourds.....	9
II-2-1-2 Le passage du minerai au contaminant.....	10
II-2-2 Les sources anthropiques	11
II-3- Importance et toxicité des métaux lourds.....	12
II-3-1 Métaux essentiels	12
II-3-2 Métaux non nécessaires	12
II-4- Spécificité de la pollution par les métaux lourds	13
II-5 Eléments traces étudiés	14

II-5-1 Plomb.....	14
II-5-1-1 Propriétés	14
II-5-1-2 Effets sur l’homme	14
II-5-1-3 Effets écologiques.....	14
II-5-2 Cadmium	14
II-5-2-1 Propriétés	14
II-5-2-2 Effets sur l’homme	14
II-5-2 Effets écologiques	14
II-5-3 Fer.....	14
II-5-3-1 Propriétés	14
II-5-3-2 Effets sur l’homme	14
II-5-4 Le Zinc.....	15
II-5-4-1 Propriétés	15
II-5-4-2 Effets sur l’homme	15
III- Métaux lourds et organismes vivant.....	15
III-1 Biodisponibilité	15
III-2 La surveillance de l'environnement	16
III-2-1 La bioaccumulation	16
III-2-2 - Les indicateurs biologiques (bio-indicateurs)	16
VI-Généralité sur quelques espèces pêchées dans l’Oued Soummam.....	17
VI-1 Le barbeau (<i>Barbus barbus callensis</i>) (valenciennes, 1842)	17
VI-1-1 Description morpho- anatomique	17
VI-1-2 Régime alimentaire	18
VI-1-3 Reproduction	18
VI-2 La carpe commune (<i>Cyprinus carpio</i> . Linné, 1758)	18
VI-2-1 Classification	18
VI-2-2 Morphologie.....	19
VI-2-3 Régime alimentaire	19
VI-2-4 Reproduction	20
VI-3 L’anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i> , L.1758)	20
VI-3-1 Classification :	20
VI-3-2 Morphologie.....	20
VI-3-3 Régime alimentaire	21

VI-3-4 Reproduction	21
VI-4 Le mullet jaune (<i>Mugil cephalus</i> Linné, 1758)	22
VI-4-1 Classification.....	22
VI-4-2 Morphologie	22
VI-4-3 Régime alimentaire	23
VI-4-4 Cycle biologique	23
VI-4-5 Reproduction	23
Chapitre II Matériels et méthodes	
I – Description et choix de la zone d’étude	24
II-Echantillonnages	25
II- 1-La pêche	26
II- 2-Traitements des échantillons	26
II-2-1 Matériels utilisés	26
II-2-2- L’étude biométrique	27
II-2-3 - Dissection	28
II-2-4- Séchage	30
II-2-5- Homogénéisation	30
III - Dosage des Métaux lourds	31
III-1- Principe	31
III -2- La minéralisation.....	31
III-3- La Filtration.....	31
III.4 -Principe général de la S.A.A.....	32
III-5-Etalonnage.....	32
III-6 Calcul et expression des résultats.....	34
Chapitre III Résultats et discussions	
III.1- Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons de l’oued Soummam.....	35
III.2- Bioaccumulation des éléments traces métalliques par les poissons en fonction des stations	37
III.3 -Comparaison des données obtenues avec les normes internationales	40
Conclusion.....	41
Références bibliographique	
Annexe	

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
N° I	Principaux types de pollution des eaux continentales, nature des produits polluants et leurs origines.	7
N° II	Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.	11
N° III	Nombre d'individus par espèce capturé dans les différents sites.	26
N° IV	Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons de l'oued Soummam.	35
N° V	Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons dans différentes stations.	38
N° VI	Comparaison des valeurs obtenues avec les valeurs limite (Normes Internationales).	40

Annexes

Tableau	Titre
N° I	Mensurations des espèces analysées.
N° II	paramètres biologique des espèces analysés.
N° III	Résultats obtenus des concentrations moyennes en ETM par espèces dans chaque station.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
N° 1	Le ruissèlement urbain	5
N° 2	Tableau périodique	9
N° 3	Schéma de Cycle géochimique simplifié des métaux lourds	10
N° 4	Relation dose effet d'éléments essentiels (par exemple Zn, Cu) et non nécessaires (par exemple Cd, Pb)	12
N° 5	Morphologie de <i>barbus callensis</i>	17
N° 6	Morphologie et anatomie de la carpe	19
N° 7	Morphologie générale de l'anguille européenne	21
N°8	Morphologie générale du (<i>mugil cephalus</i> Linné, 1758)	22
N°9	Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam	25
N°10	Localisation des stations de pêches	25
N°11	Mensuration d'un poisson	27
N°12	Les étapes de prélèvements du muscle dorsal et la peau	29
N°13	Séchage du muscle et de la peau	30
N°14	Un muscle broyé avec un mortier en porcelaine	30
N°15	Résumé du protocole expérimental suivi dans notre étude	33
N°16	Teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans les muscle des différentes espèces de poissons de l'oued Soummam	35
N°17	Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons dans différentes stations.	38

Annexes

Figure	Titre
N° 1	Courbe d'étalonnage Fer
N° 2	Courbe d'étalonnage Plomb
N° 3	Courbe d'étalonnage Cadmium
N° 4	Courbe d'étalonnage Zinc

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est un élément indispensable à l'être humain qui, au repos, en consomme deux à trois litres par jour (GILLI & *al.*, 2008).

Dans le monde entier, la qualité des rivières est détériorée par les divers formes de pollution, en particulier en Algérie, où les ressources en eau sont devenues de plus en plus limitées, difficiles à exploiter, et souvent sont exposés à des quantités importantes d'eaux usées. La prise de conscience des dommages causés par la pollution au milieu naturel a contraint les autorités des pays développés et ceux en développement à introduire des réglementations visant à protéger l'environnement. L'importance de l'étude de la pollution des eaux a cru considérablement depuis le début des années soixante dans le monde entier à cause des effets nuisibles sur les poissons et l'homme à travers la chaîne alimentaire. Chaque jour des centaines de tonnes de polluants sont déversés dans l'environnement. Parmi eux, les métaux lourds sont considérés comme des polluants graves de l'environnement aquatique, à cause de leur rémanence et leur tendance à la bioaccumulation dans les organismes aquatiques.

(BARKAI & *al.* 2014)

La pollution des cours d'eau s'est amplifiée au fil du temps. Elle était faible et d'origine organique où l'autoépuration restaurait rapidement la qualité des eaux, mais avec l'amplification des activités humaines et l'urbanisation, certaines rivières se retrouvent soumises à de réelles agressions nuisibles. (CHAGUER, 2013).

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. (MAANE, 2011). D'ailleurs, le degré élevé de pollution des eaux de cette rivière constitue le principal facteur qui menace l'extinction de certaines espèces. C'est le cas du *Barbeau Barbus callensis* (Valenciennes, 1842) qui développe des formes d'hermaphrodisme sexuelle (DJOUDAD-KADJI *et al.* 2012). Il est signalé que les poissons, accumulent des contaminants de l'environnement et donc ils ont été abondamment utilisés dans des programmes de contrôle de la pollution marine. Deux principaux objectifs sont poursuivis dans ces programmes, (i) pour déterminer la concentration en contaminants dans les muscles de poisson afin d'évaluer le risque sanitaire pour l'homme, et (ii) pour utiliser le poisson comme indicateur de la qualité de l'environnement des écosystèmes aquatiques (ADAMS, 2002). 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 et d'EL MORHIT et *al.* (2012), au niveau de l'estuaire de la Côte atlantique Marocaine.

Jusqu'à présent aucun travail n'a été réalisé sur l'évaluation de la pollution métallique de l'oued Soummam par l'analyse de la chair des poissons qui y vivent à l'intérieur.

En fin, le présent travail, vient pour combler cette lacune, les quatre métaux choisis (Cadmium, Plomb, Fer et le Zinc) 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. Seront recherchés et quantifiés au niveau du muscle de certaines espèces de poissons pêchées dans l'Oued Soummam (*Barbus barbus callensis*, *Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*).

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 ou il a été mentionné le protocole expérimental;

Le troisième et dernier chapitre est essentiellement réservé aux résultats obtenus et à leur interprétation, suivis par une conclusion générale.

CHAPITRE I

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I-Pollution des cours d'eaux

I-1 Définition de la pollution

Une pollution peut se définir comme une dégradation ou une perturbation du milieu, qui résulte en général de l'apport de matières ou de substances oxygènes. Ses effets peuvent être modificateurs ou destructeurs vis-à-vis du fonctionnement du milieu, selon la nature et la quantité du polluant. (GENIN & *al*, 2003)

I-2 Pollution des eaux

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).

I-3 Les différentes formes de pollution des hydrosystèmes

Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le versement direct de déchets. On distingue ainsi *les pollutions ponctuelles* et *les pollutions diffuses*. Les pollutions ponctuelles proviennent de sources bien identifiées : rejets domestiques ou industriels des eaux usées, effluents d'élevage ou de pisciculture. De telles sources de pollutions ponctuelles peuvent être traitées et contrôlées par des stations d'épurations. Au contraire, des épandages de pesticides ou d'engrais (Nitrates, phosphate) sur les terres agricoles constituent des sources de pollution diffuse sur les hydrosystèmes, dans la mesure où ils concernent l'ensemble du bassin. Les produits gagnent les milieux aquatiques par lessivage des sols en surfaces, ou après infiltration dans le sol. Il en est de même pour divers retombées atmosphériques (plomb, pesticides, etc.).

On parle également de pollutions permanentes (rejets domestiques des grandes villes, par exemple) ou *périodiques* (comme les variations saisonnières de rejets polluants liées aux afflux touristiques ou aux crues), et de pollutions accidentelles ou aiguës. Ces

dernières correspondent à des déversements intempestifs de produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou à des lessivages des sols urbains consécutifs à de fortes pluies. Ces pollutions accidentelles peuvent provoquer des chocs polluant considérables et une mortalité piscicole massive. (LEVEQUE, 1996)

I-4 Type, nature et source de pollution

I-4-1 Types de pollution

De nombreux critères ont été retenus afin de réaliser une classification des pollutions. En conséquence, ce n'est pas une entreprise aisée car aucune ne peut prendre en compte la totalité des paramètres permettant leur discrimination de sorte qu'aucune n'est en conséquence entièrement satisfaisante.

Un des critères les plus évidents consiste à grouper les agents polluants selon leur nature. On distinguera donc des agents *physiques* (rayonnements ionisants, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique), *chimique* (substances minérales, organiques ou encore de nature biochimique), enfin *biologique* (micro-organismes pathogènes, espèces exotiques invasives introduites artificiellement par l'homme et, en date récente, apparition de nouveaux problèmes liés à la pollution de l'espace rural par les OGM).

On peut encore classer les pollutions sur des critères environnementaux, en prenant en considération le milieu (air, eau et sol), ou le compartiment de l'écosphère afférent (atmosphère, hydrosphère, lithosphère)- dans lequel ils sont « mis et sur les biocœnoses desquels ils exercent leurs perturbations.

On peut aussi se placer d'un point de vue toxicologique et considérer le milieu ou la manière par laquelle ils contaminent les organismes. On distinguera ainsi, selon la voie de contamination des polluants par inhalation (voie respiratoire), par contact (voie percutanée ou transtégumentaire selon le type d'organisme considéré) ou encore par ingestion (voie trophique).

En réalité, aucune de ces méthodes de classification n'est vraiment satisfaisante car une même substance peut présenter diverses modalités d'action. (RAMADE, 2011)

I-4-2 Nature et source de pollution

I-4-2-1 Pollution domestique

Les principaux polluants apportés sont salins (chlorure de sodium de régénération des résines échangeuses d'ions des adoucisseurs d'eau, des fers à repasser ou des lave-vaisselle), tensioactifs (borates, polyphosphates des détergents), bactériologiques (*Escherischia coli*, Entérocoques fécaux,...), hormonaux (pilule anticonceptionnelle..). Outre les ions apportés en solution, la pollution domestique émet des matières en suspension, en particulier organiques. Il faut y ajouter les déchets de bricolage (solvants des peintures, huiles de vidange...), engrais et pesticides utilisés à forte dose dans les jardins privés. (GILLI & *al*, 2008)

I-4-2-2 Pollution des effluents urbains

Les déchets organiques sont les principaux polluants d'eau urbains. Leur dégradation consomme l'oxygène dissous dans l'eau. Les engrais engendrent des développements d'algues excessifs, qui consomment aussi de l'oxygène dissous. L'huile de vidange, souvent jetée illégalement dans les collecteurs d'eau pluviale, et les métaux lourds sont des polluants courant. Ils sont emportés par les collecteurs vers les rivières et les fleuves. (RAVEN & *al*, 2008)

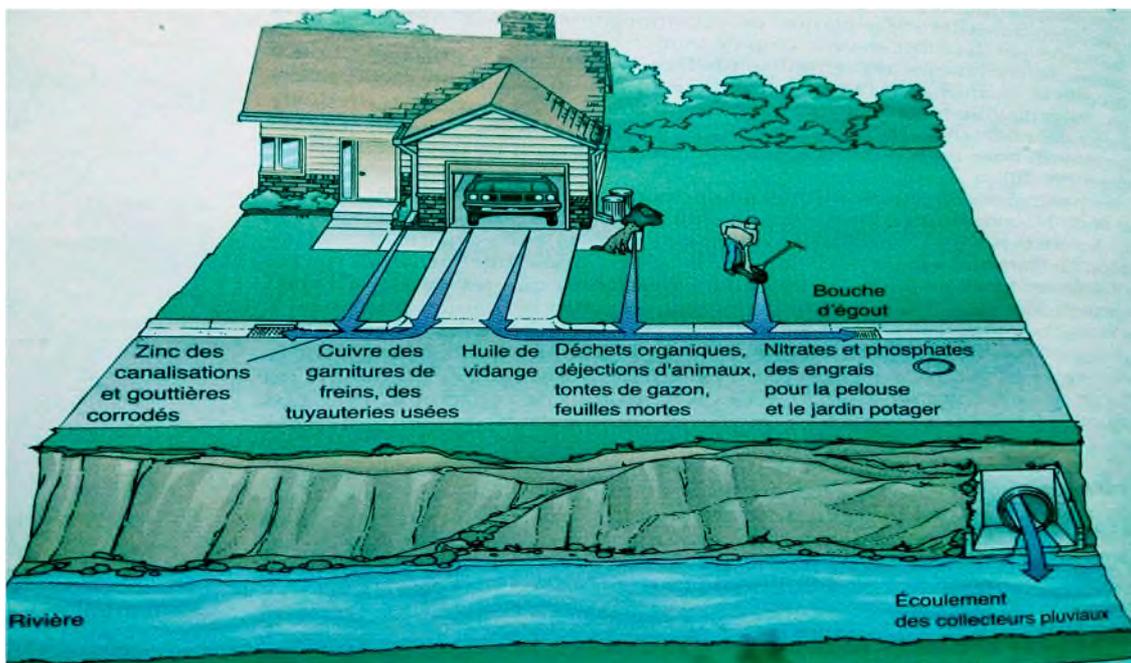


Figure n° 01 : le ruissèlement urbain. (RAVEN & *al*, 2008)

I-4-2-3 Pollution industrielle

Diverse dans sa composition, la pollution industrielle comprend des effluents liquides, des fuites de stockage ou de canalisations, des résidus solides qui, souvent dans le passé, ont été utilisés comme remblais. Si les effluents liquides subissent aujourd'hui des traitements spécifiques efficaces, les fuites sont toujours difficiles à détecter et à maîtriser, et l'abandon des sites donne des friches industrielles dont les sols sont pollués et susceptibles de contaminer les nappes qu'ils recouvrent. Ainsi, dans la vallée du Rhône, une nappe couverte par de tels remblais, produit pour un syndicat alimentant 200 000 consommateurs, des eaux polluées par du méthylbenzène et des solvants chlorés. (GILLI & *al*, 2008)

I-4-2-4 Pollution d'origine agricole

L'agriculture peut produire une pollution ponctuelle, comme les fuites de stockage des sous-produits de l'élevage : jus de fumiers ou d'ensilage, ou les fuites d'engrais ou de produits phytosanitaires, lors de la préparation des solutions à épandre ou lors du rinçage du matériel. De plus, les engrais et pesticides épandus constituent une source de pollution diffuse, la végétation et le sol constituant un réservoir de polluants facilement mobilisable par l'eau d'infiltration. Cette pollution est mise en circuit lorsque les conditions météorologiques sont défavorables, par exemple lorsqu'une pluie de 30 mm suit l'épandage. D'autre part, si le stade phénologique de la culture n'est pas consommateur d'azote, le stock accumulé dans le sol sera intact au moment de la pluie. Ainsi, l'épandage de lisier de vache en période de neige dans le Haut-Doubs se traduit par un pic de pollution dans les eaux souterraines karstiques sous-jacentes, alors que le même apport sur la prairie en cours de croissance est écrêté. La solution est d'accroître la capacité des fosses des agriculteurs, afin qu'ils puissent stocker leurs effluents hivernaux, et de les former aux bonnes pratiques environnementales. Par ailleurs, le sol est un réacteur qui dégrade les molécules initialement utilisées sur les cultures, et certains produits phytosanitaires peuvent s'y transformer (exemple, l'acétochlore qui se transforme en acide sulfonique et en acide oxalinique). (GILLI & *al*, 2008)

Tableau I : Principaux types de pollution des eaux continentales, nature des produits polluants et leurs origines (LEVEQUE, C. 1996).

Types de pollution	Nature	Source
<u>Physique :</u>		
Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
<u>Matière organique :</u>	Glucides, lipides, protides	Effluent domestiques, Agricoles, agro-alimentaires
	Ammoniac, nitrates	Elevages et piscicultures
<u>Chimique :</u>		
Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agriculture, lessive
Métaux et métalloïdes	mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic...	Industries, agriculture pluies acides, combustion
Pesticides	insecticides, herbicides, fongicides	agriculture, industries
Organochlorés	polychlorobiphényles, solvants	industries
Composés organiques de synthèse	Nombreuses molécules	industries
Détersifs	Agents tensio-actifs	effluent domestiques industrie pétrolière, transport
<u>Microbiologique :</u>	bactéries, virus, champignons	effluents urbains et d'élevage

II-Les métaux lourds

Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie, l'orfèvrerie....ex.

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)

II-1-Généralités

II-1-1- Définition

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm³. On retrouve dans certaines publications anciennes l'appellation de « métal pesant ». (GERARD, 2000)

II-1-2- Classification

La classification en métaux lourds est d'ailleurs souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement " lourds " (le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas tous des métaux (l'arsenic par exemple). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation métaux lourds, l'appellation " éléments en traces métalliques " -ETM- ou par extension " éléments traces ". (GERARD, 2000)

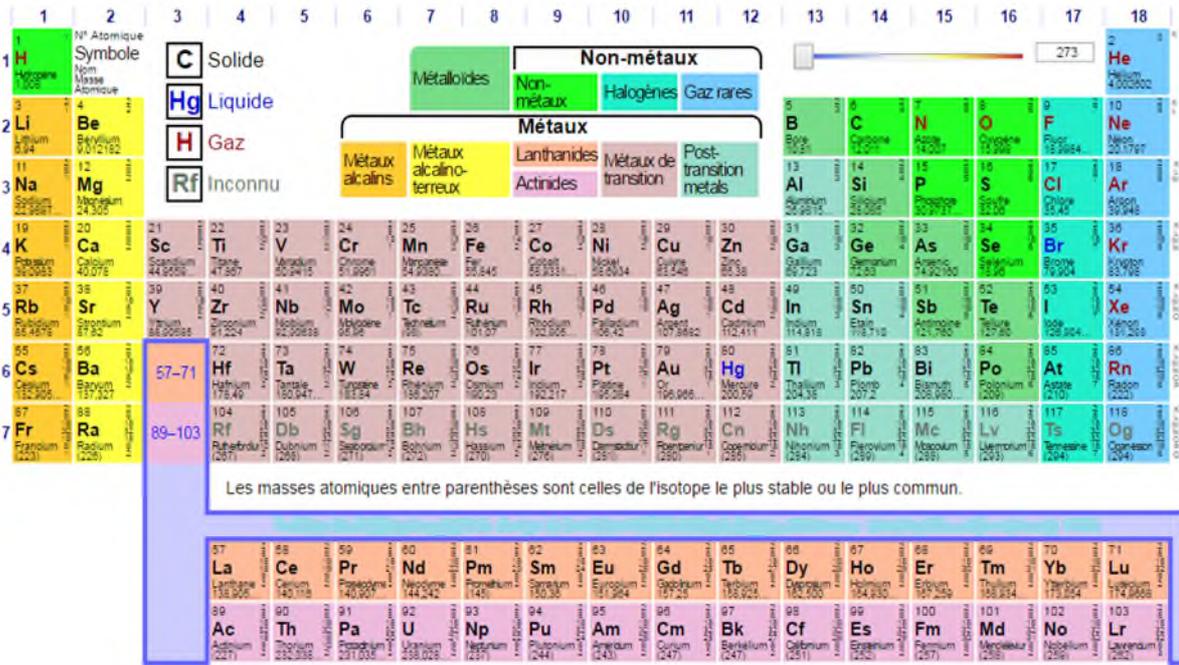


Figure n° 02 : tableau périodique. (DAYAH, 2016) (<http://www.ptable.com/?lang=fr>)

II-2 Origines des métaux lourds

II-2-1 Sources naturelles

II-2-1-1 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)

II-2-1-2 *Le passage du minéral 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)

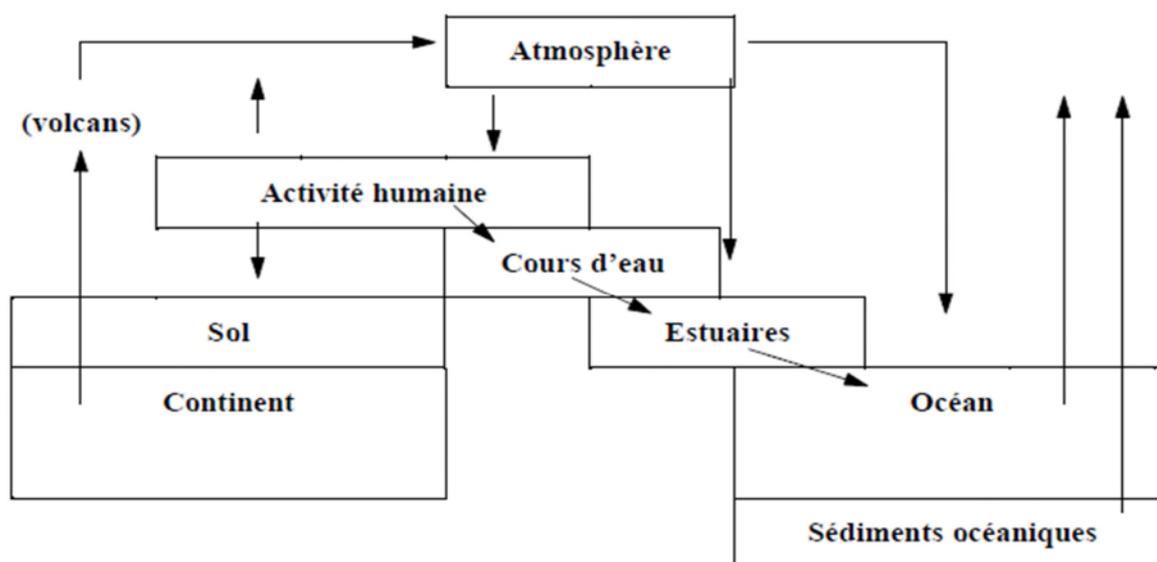


Figure n° 03: Schéma de Cycle géochimique simplifié des métaux lourds (Gérard , 2000)

II-2-2 Les sources anthropiques

L'activité humaine n'a apporté aucun changement dans les volumes de métaux lourds. Il n'y a ni création, ni suppression. Elle a surtout changé la répartition des métaux, les formes chimiques (ou spéciations) et les concentrations par l'introduction de nouveaux modes de dispersion (fumées, égouts, voitures...). Si une partie des métaux lourds part directement dans le sol et les eaux, l'essentiel est d'abord émis dans l'atmosphère avant de rejoindre les deux autres éléments. (GERARD, 2000)

Tableau II: Sources industrielles et agricoles des métaux présent dans l'environnement(BINEY & *al*, 1999)

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

II-3- Importance et toxicité des métaux lourds

En principe, certains métaux, comme aussi les autres éléments, peuvent être essentiels pour un organisme, par exemple une plante ou un animal ou être « non nécessaires ». (BLIEFERT & PERRAUD, 2011)

✓ 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)

✓ 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)

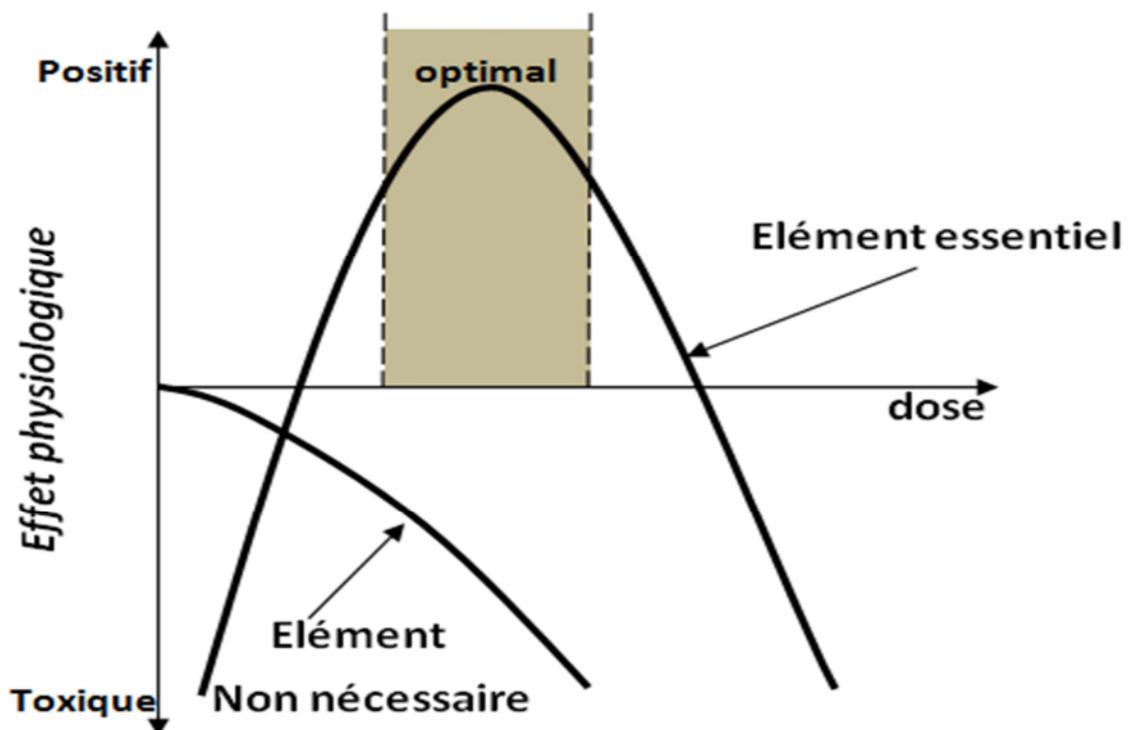


Figure n° 04 : Relation dose effet d'éléments essentiels (par exemple Zn, Cu) et non nécessaires (par exemple Cd, Pb). (BLIEFERT & PERRAUD, 2011).

II-4- 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 $PbSO_4$).

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.

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.

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)

II-5 Eléments traces étudiés

II-5-1 Plomb

II-5-1-1 Propriétés : Le *plomb* est un des principaux polluants métalliques de l'atmosphère. Il n'y en a que 0.0018% dans la croûte terrestre. Cependant le plomb est universellement connu et a beaucoup d'application. Il possède une densité élevée (11,34g/cm³) et un point de fusion bas. Il est mou et peut être travaillé avec des techniques simples, peu coûteuse, notamment à l'état liquide (point de fusion 327 °C). (BLIEFERT & PERRAUD, 2011)

II-5-1-2 Effets sur l'homme : atteinte neurophysiologique (fatigue, irritabilité, retard intellectuel chez les enfants), troubles rénaux, cardio-vasculaire, hématopoïétiques (formation des globules du sang).

II-5-1-3 Effets écologiques : Toxicité aiguë sur les organismes à partir de 0,1mg/l ; il se concentre de plus le long de la chaîne alimentaire. (GAUJOUS, 1995)

II-5-2 Cadmium

II-5-2-1 Propriétés : Le *cadmium* est un métal blanc argenté, brillant, relativement mou et déformable (densité 8,65 g/cm³ ; point de fusion 321 °C). (BLIEFERT & PERRAUD, 2011)

II-5-2-2 Effets sur l'homme : Très toxique. Poison cumulatif (cycle biologique 10-30ans). Atteinte rénales (néphrite); troubles digestif, hypertension artérielle, altération osseuses (déformation du squelette).

II-5-2-3 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)

II-5- 3 Fer

II-5-3-1 Propriétés : 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)

II-5-3-2 Effets 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/data-perio/fe.htm>

II-5-4 Le Zinc

II-5-4-1 Propriétés : Malléable à haute température. Métal lourd. Parfait pour les alliages. Excellente conductivité électrique et thermique. Résistance à la corrosion. Recyclable. (Densité 7.14 g/cm³; point de fusion 419°C). (BLIEFERT & PERRAUD, 2011)

II-5-4-2 Effets sur l'homme : La toxicité du Zinc peut affecter n'importe quel organe ou système du corps. Cependant, elle affecte habituellement environ quatre ou cinq principaux systèmes du corps. Ce sont le système nerveux, le système reproducteur mâle et femelle, les tissus conjonctifs tels que les cheveux, la peau et les ongles ainsi que les yeux et le cerveau. <http://www.maxsante.com/115-symptomes-toxicite-zinc>

III- Métaux lourds et organismes vivants

III-1 Biodisponibilité

La biodisponibilité d'une substance en générale et d'un polluant en particulier a été définie comme la fraction de la quantité totale de ce dernier présent dans le biotope qui est absorbable par des producteurs (végétaux), consommateurs (animaux) et/ou décomposeurs (champignons, bactéries), et qui peut donc être prélevée dans le biotope par un organisme considéré et être transférée, stockée et métabolisée par ce dernier. Il convient toutefois d'exclure de la fraction réputée biodisponible celle qui transite dans le tube digestif des animaux sans être utilisée.

La notion de biodisponibilité est particulièrement importante pour les éléments toxiques (métaux et métalloïdes, tel l'arsenic par exemple) car, selon leur état chimique, ils sont plus ou moins assimilable sans omettre le fait que toutes choses égales par ailleurs, cet état joue un rôle majeur dans la toxicité d'un élément. La forme chimique sous laquelle se présente un métal donné conditionne les risques qu'il présente pour les organismes exposés et pour les écosystèmes. (RAMADE, 2011).

III-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.

III-2-1 La bioaccumulation

On désigne par bioaccumulation le processus d'absorption par lequel les êtres vivants peuvent accumuler dans leur organisme des nutriments, toute autre substance présente naturellement dans son environnement ou encore un polluant organique de synthèse, quelle que soit la voie de pénétration dans l'organisme considéré. Chez les animaux terrestres, la bioaccumulation sera la résultante des absorptions par voie digestive, respiratoire et cutanée. Chez les plantes, celle-ci résultera en règle générale de l'absorption des polluants par les voies transradiculaires et transfoliaires, éventuellement par voie respiratoire (par la respiration stomatique) lorsqu'il s'agit de polluants gazeux. Chez les organismes aquatiques, ce sera la somme des absorptions par contact et par ingestion plus celle faite par la voie transbranchiale.

Cette dernière, chez les animaux aquatiques, est homologue de la voie respiratoire chez les animaux terrestre. La bioaccumulation n'implique pas obligatoirement un accroissement de concentration d'un polluant quand il passe du biotope dans l'organisme considéré. (RAMADE, 2011)

III-2-2 - Les indicateurs biologiques (bio-indicateurs)

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. (BENOIT-CHABOT, 2014)

VI-Généralité sur quelques espèces pêchées dans l'Oued Soummam

VI-1 Le barbeau (*Barbus barbuis callensis*) (valenciennes, 1842)

Selon les travaux de Nelson en 1994 sa position systématique est la suivante :

Phylum : Cordes	Sous-ordre : Cyprinoides
Classe : Osteichtyens	Famille : Cyprinides
Sous-classe : Actinopterygiens	Genre : <i>Barbus</i>
Infra-classe : Teleosteens	Espèce : <i>Barbus barbuis</i>
Ordre : Cypriniformes	Sous-espèce : <i>Callensis</i> (valenciennes, 1842)

Nom vernaculaire : Bourvis.

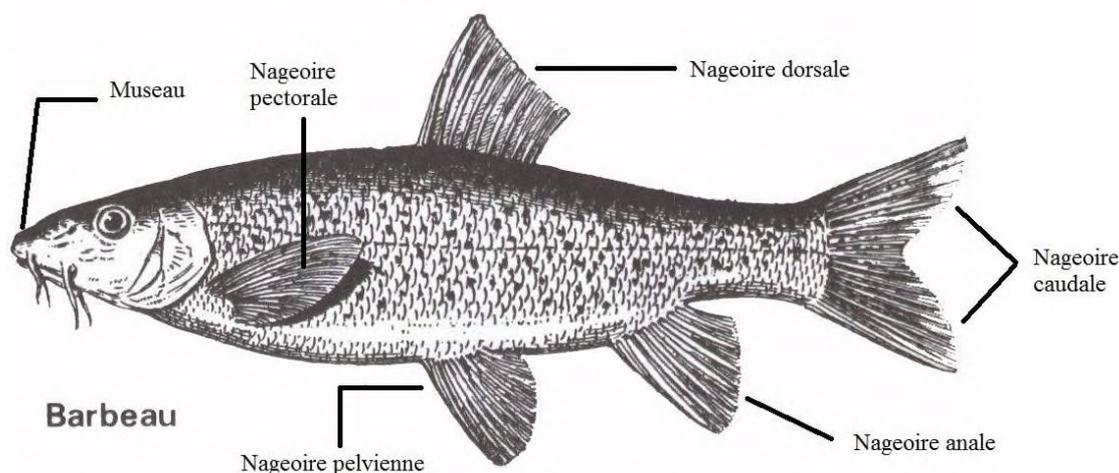


Figure n° 5 : morphologie de *Barbus callensis*.

(http://raf.dessins.free.fr/2bgal/img.php?id_img=5782, modifié)

VI-1-1 Description morpho- anatomique

Le *Barbus callensis* est une espèce qui a des formes très effilées et un museau assez allongé, avec une dépression caractéristique au dessus du front. La couleur du corps est brun jaunâtre à éclat métallique, le ventre argenté. La nageoire porte 4 rayons osseux dont le dernier est épineux. (KRAIEM, 1994)

VI-1-2 Régime alimentaire

L'activité alimentaire du *Barbus barbuis callensis* suit un rythme saisonnier, avec de faible taux de vacuité. L'été et le printemps sont les saisons de forte activité alimentaire. Cette activité diminue durant l'automne et l'hiver. Il est omnivore. Il se nourrit de larves, d'insectes et de débris de végétaux. Les jeunes individus (moins de 13cm de longueur) ont une tendance zoophage dominée par les larves, les diptères et les éphéméroptères. En revanche, les adultes sont phytophages ils peuvent aussi consommer des crustacés. (CHERGHOU & al, 2002)

VI-1-3 Reproduction

L'espèce *B. barbuis callensis* se reproduit une fois dans l'année durant la saison printanière avec une seule ponte déclenchée par l'élévation des températures, certains individus continuent à présenter des pontes durant le début de la saison estivale. (DJOUDAD-KADJI & al 2012)

VI-2 La carpe commune (*Cyprinus carpio*. Linné, 1758)

VI-2-1 Classification :

Règne	: Animalia	Super-famille	: Cyprinoidea
Embranchement	: Chordata	Famille	: Cyprinidea
Classe	: Actinopterygii	Genre	: <i>Cyprinus</i>
Ordre	: Cypriniformes	Espèce	: <i>Cyprinus carpio</i> (Linné, 1758)

Nom vernaculaire : La carpe commune.

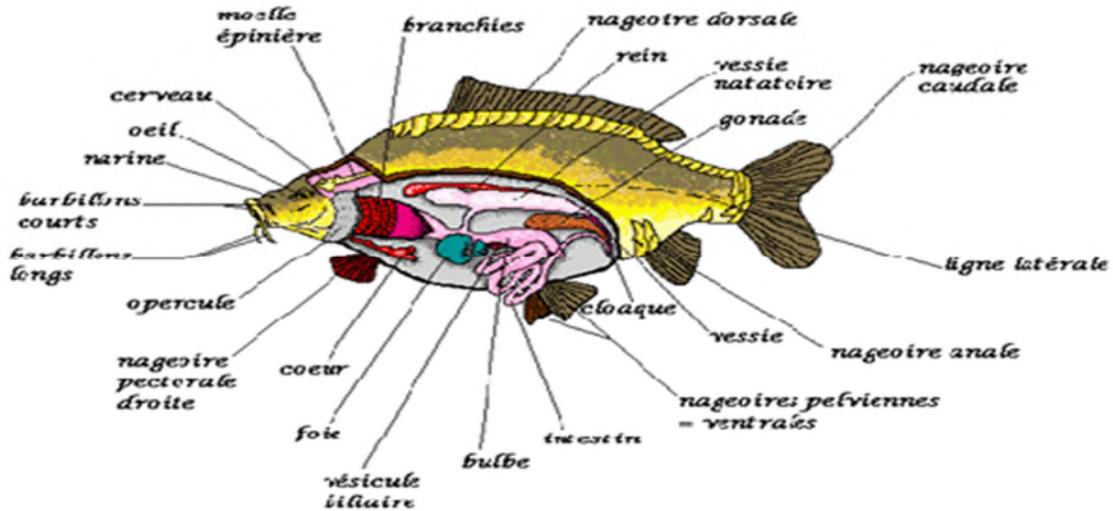


Figure n° 06 : Morphologie et anatomie de la carpe.

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

VI-2-2 Morphologie

La carpe commune a un corps allongé et trapu avec des Lèvres épaisses. Deux paires de barbillons à l'angle de la bouche, les plus courts sur la lèvre supérieure. La longueur de la base de la nageoire dorsale avec 17-22 rayons. Base de la nageoire dorsale longue avec 17-22 rayons ramifiés et solides, épine dentée en avant; nageoire dorsale de forme concave antérieurement. Nageoires anales avec 6-7 rayons mous; bord postérieur de la 3^{ème} épine des nageoires dorsale et anale avec des spinules. Ligne latérale avec 32 à 38 écailles. Dents pharyngiennes 5:5, dents avec couronnes aplaties. Couleur variable, les carpes sauvages sont brunes à vertes sur le dos et les côtés supérieurs, nuances jaunes or au niveau du ventre. Les nageoires sont sombres, ventre avec une nuance rouge. (FAO: Fisheries and Aquaculture Department) ([http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus carpio/fr](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus%20carpio/fr))

VI-2-3 Régime alimentaire

La carpe est un poisson omnivore à forte tendance carnivore. Elle possède un large spectre alimentaire avec une préférence pour la nourriture « la plus disponible au moindre effort ». (TRABELSI-ZOUARI, 2011)

VI-2-4 Reproduction

La maturation sexuelle et la ponte chez la carpe sont réglées par le facteur thermique qui constitue le facteur primordial de contrôle de la reproduction et par des photopériodes longues. La ponte se déroule de mai à juillet, voire de mars à août selon les régions.

(TRABELSI-ZOUARI, 2011)

VI-3 L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.1758)

VI-3-1 Classification :

L'anguille européenne est décrite pour la première fois par Linné en 1758. Sa classification taxonomique est la suivante :

Règne : Animal	Infra-classe : Teleosteens
Embranchement : Chordés	Superordre : Elopomorphes
Sous-embranchement : Vertébrés	Ordre : Anguilliformes
Infra-embranchement : Gnathostomes	Sous-ordre : anguilloïdes
Superclasse : OSTEICHTYENS	Famille : Anguillidés
Classe : Actinoptérygiens	Genre : <i>Anguilla</i>
Sous-classe : Neoptérygiens	Espèce : <i>Anguilla anguilla</i> (Linné, 1758)

Nom vernaculaire : Thaselvahthe

Position taxonomique de l'anguille européenne (ADAM, 1997 ; DURIF, 2003 ; EL HILALI, 2007 ; RENAULT, 2011)

VI-3-2 Morphologie

L'anguille possède un corps très allongé, serpentiforme, cylindrique de section arrondie dans sa partie antérieure (morphologie typique d'un animal fouisseur). La tête est comprimée et les yeux sont ronds avec iris jaunâtre. Les narines sont tubulaires et les ouvertures branchiales étroites. Le poisson se caractérise également par la présence d'une longue nageoire impaire résultant de la fusion des nageoires dorsale, caudale et anale. La distance entre l'origine de la nageoire dorsale et celle de la nageoire anale est un critère morphométrique important pour la détermination des espèces (EGE, 1939). Les nageoires pectorales sont présentes tandis que les nageoires pelviennes sont absentes. La ligne

latérale est bien développée. La bouche est terminale, garnie de petites dents pectinées disposées sur plusieurs rangées et la lèvre inférieure est débordante. La disposition des dents vomériennes est susceptible d'être utilisée comme critère différentiel entre les espèces d'anguilles.

L'anguille possède une peau nue, riche en glandes à mucus, avec des écailles très petites, ce qui lui confère une souplesse remarquable. (EL HILALI, 2007)

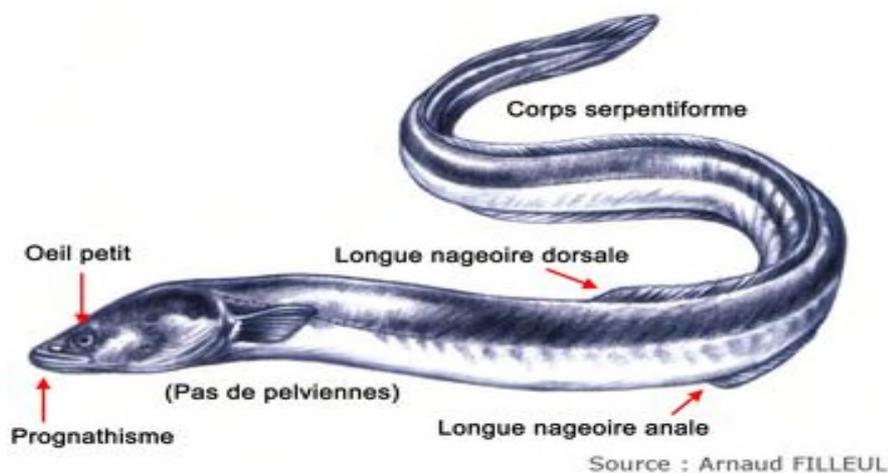


Figure n° 07 : Morphologie générale de l'anguille européenne

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

VI-3-3 Régime alimentaire

Les jeunes anguillettes nouvellement arrivées poursuivent la colonisation des cours d'eaux et se caractérisent par un métabolisme orienté essentiellement vers la croissance, avec un régime carnivore et opportuniste

Chez les grands individus le régime alimentaire devient piscivore et leur comportement exploratoire augmente, ce qui pousse ces anguilles vers des habitats plus profonds. (EL HILALI, 2007)

VI-3-4 Reproduction

L'anguille Européenne, *Anguilla anguilla*, est un poisson migrateur amphihaline thalassotoque. Cela signifie que cette espèce est capable de s'adapter à de fortes variations de salinité, lui permettant de se reproduire en milieu marin alors qu'elle grandit

majoritairement en milieu continental, c'est à dire en eaux douces à saumâtres. Ces modes de vie et de reproduction particuliers l'obligent donc à effectuer plusieurs migrations qui entraînent chez cette espèce des adaptations physiologiques et morphologiques appelées métamorphoses. Le cycle biologique de l'anguille Européenne comporte deux phases de migrations accompagnées de deux phases de métamorphoses. (RENAULT, 2011)

VI-4 Le mullet jaune (*Mugil cephalus* Linné, 1758):

VI-4-1 Classification :

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

Noms vernaculaires : Bourri

VI-4-2 Morphologie

Mugil cephalus est facilement identifié grâce à son 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)

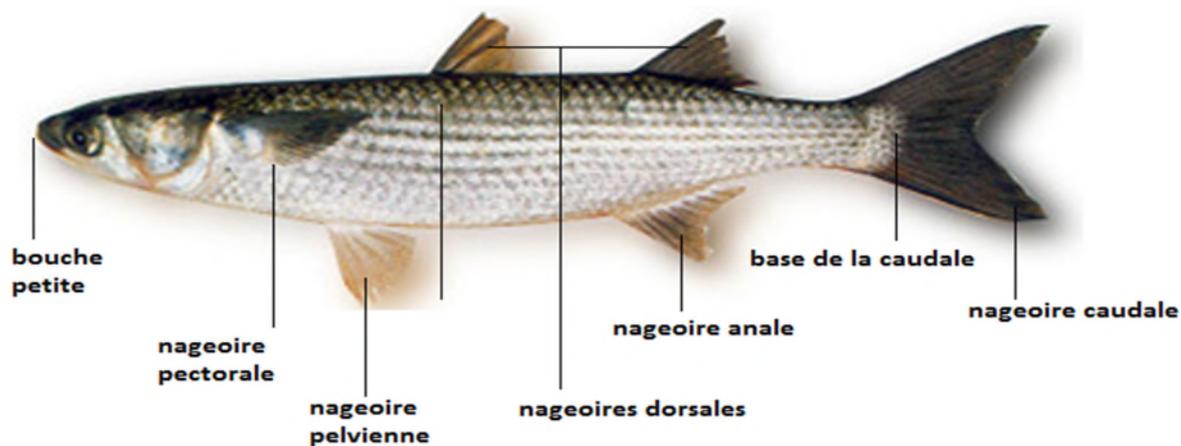


Figure n° 08 : Morphologie générale du *mugil cephalus* L, 1758

(<http://www.fao.org/fishery/species/3050/en>) modifié

VI-4-3 Régime alimentaire

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

VI-4-4 Cycle biologique

Le *Mugil cephalus* est connu pour avoir un cycle biologique comportant des phases juvénile et immature se déroulant dans un milieu côtier saumâtre (lagunes, estuaires), suivie d'une migration en mer où se déroule la ponte, et seuls les alevins gagnent les milieux saumâtres. (AMEUR & al, 2003)

VI-4-5 Reproduction

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

CHAPITRE II

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I – Description et choix de la zone d'étude

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.

Le bassin versant de la Soummam est situé dans la partie Nord de l'Algérie, il accède à la méditerranée par le golf de Bejaia ; tandis que la grande partie de son territoire se trouve retiré dans le continent. Il s'étend dans la direction Nord-est-ouest vers le Sud-est dans la région de Sétif. Il est situé entre 3°40'-4°45' de longitude de Greenwich et 36°-36°45' de latitude Nord. Au Nord et à l'Ouest, il est limité par les chaînes du Djurdjura, à l'Est par les montagnes de la petite Kabylie (Djebel Babor), au Sud et au Sud-est par les monts de la Hodna. (BAHLOUL, 2014). La vallée de la Soummam se situe à environ 230 km à l'est d'Alger et appartient administrativement à la wilaya de Bejaia. Troisième fleuve d'Algérie, situé à la charnière de la Basse et de la Haute Kabylie.

L'Oued Soummam qu'est formé de la confluence de l'oued Sahel qui descend des montagnes du Djurdjura et du plateau de Bouira, et de l'oued Boussellam qui descend du plateau Sétifien. Il se jette dans la mer Méditerranée à Béjaia après un cours de 80 km environ orienté Sud-ouest – Nord-est. La superficie du bassin-versant de l'oued Soummam est d'environ 8 800 km² (à l'embouchure).

La Soummam présente trois types de climats : humide sur le bassin-versant nord, subhumide le long de la Soummam entre Sidi-Aich et Bejaia, cette zone reçoit une bonne pluviométrie de 600 à 900 mm avec des températures qui oscillent entre 24 et 28 °C et une zone semi-aride le long de la vallée de la Soummam entre Tazmalt et Sidi- Aich qui est caractérisée par une faible pluviométrie de 400 à 600 mm et des températures plus élevées en été. Les vents dominants sont des vents du nord-ouest (marins) qui s'engouffrent facilement dans la vallée. (MOUNI & al, 2009)

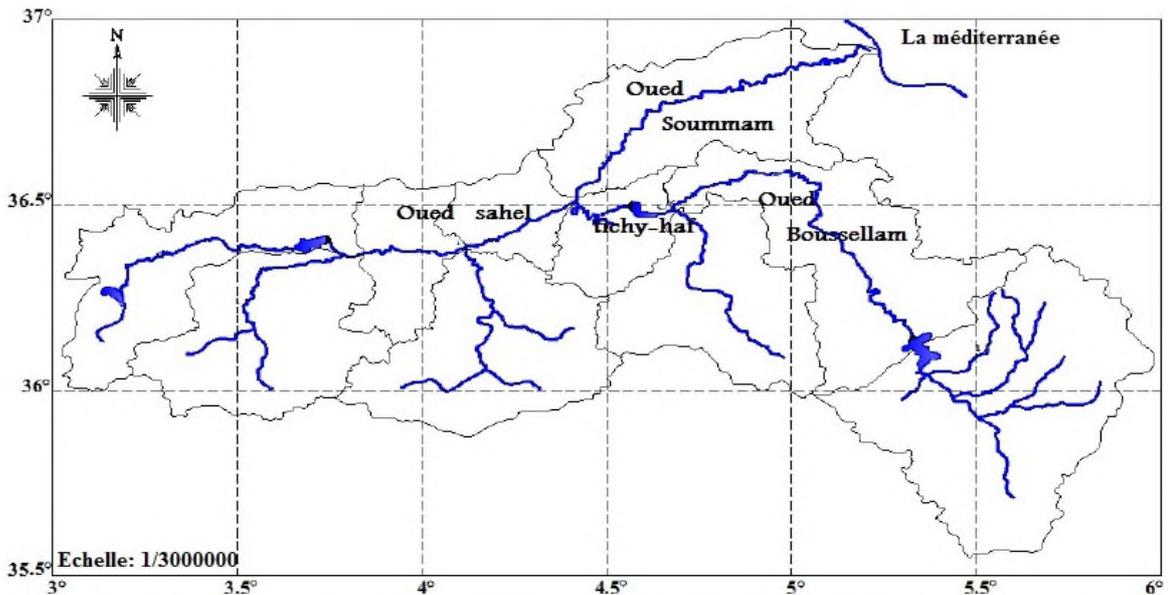


Figure n° 9 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam

(BAHLOUL, 2014) modifié

II-Echantillonnages :

L'échantillonnage au niveau de l'Oued Soummam a été effectué durant les mois Mars et Avril 2017, quatre (04) espèces de poissons ont été capturées dans les quatre sites de pêche choisie pour leurs positions stratégiques et leurs accessibilités (voir figure 11).

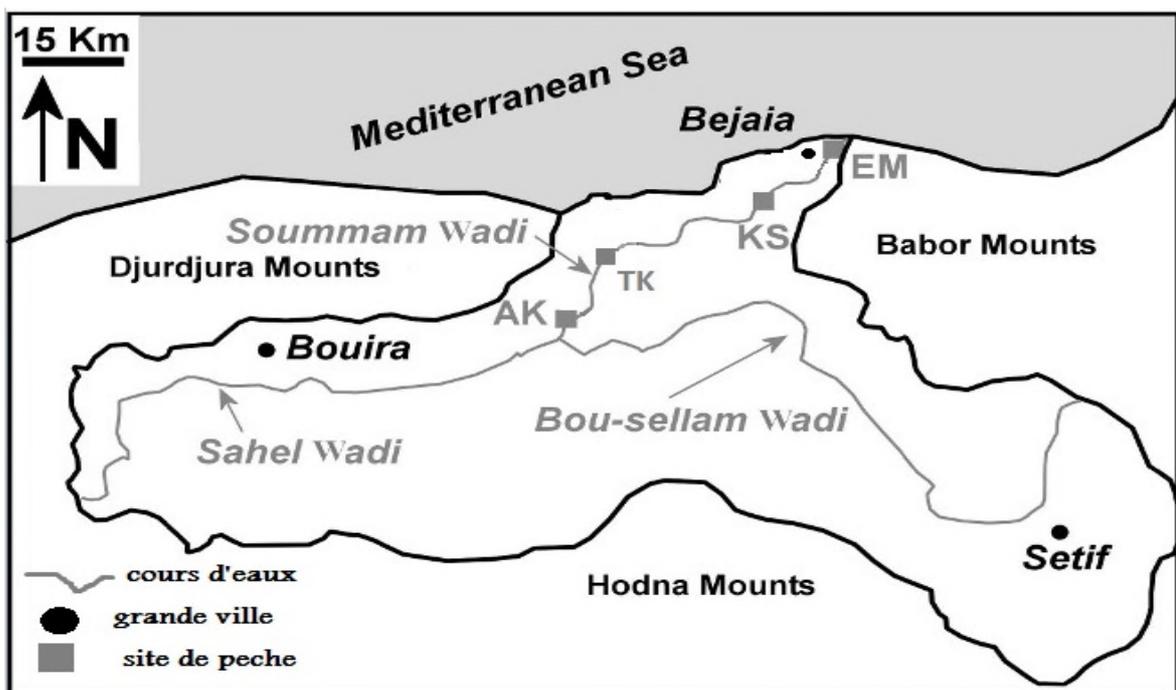


Figure n° 10 : Localisation des stations de pêches (MAANE & al, 2010) modifié

II- 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 pate à base de pain comme appât) et une palangrotte (vers de terre comme appât).

Au totale 32 individus appartenant à 4 espèces de poisson sont capturées dans les quatre stations de l'Oued Soummam (Tableau III).

Tableau III : Nombre d'individus par espèce capturé dans les différents sites

Espèces	<i>Barbus barbuis</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Mugil cephalus</i>
Site	<i>callensis</i>			
Akbou	06	1	-	-
Takeriet	04	-	-	-
El Kseur	04	03	03	
Embouchure	-	-	1	10

II- 2-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-2-1 Matériels utilisés

- Feuille millimétrées.
- Plaque chauffante.
- Balance.
- Bêcher
- Mortier.
- Tube à essaie.
- Etuve.
- Lame en verre.
- Fiole de 50 ml.
- Papier filtre.
- Boite de pétrie.
- papier absorbons
- Cie en plastique.
- Hôte.
- Creusets en porcelaine.

Solutions

- Eau pure.
- Eau distillé.
- Eau oxygéné (H_2O_2).
- Acide nitrique (HNO_3) à 65%.

II-2-2- L'étude biométrique

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

- La longueur : est un paramètre métrique utilisé pour étudier la croissance en taille des poissons. Avec une feuille millimétrée, le poisson à mesurer est posé à plat sur le flanc (voir figure ...) puis on prend deux mesures qui sont :
 - La longueur totale : qui représente la longueur du poisson de la porte du museau jusqu'à l'extrémité du lobe de la nageoire caudale.
 - La longueur à fourche : désigne la longueur du poisson de la pointe du museau jusqu'à l'extrémité du rayon médiane de la nageoire caudale.

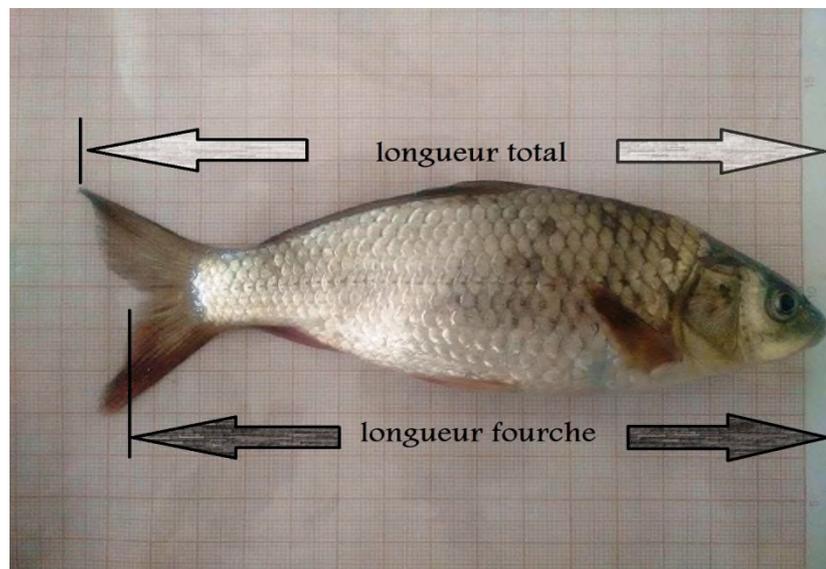


Figure n° 11 : Mensuration d'un poisson. (Original)

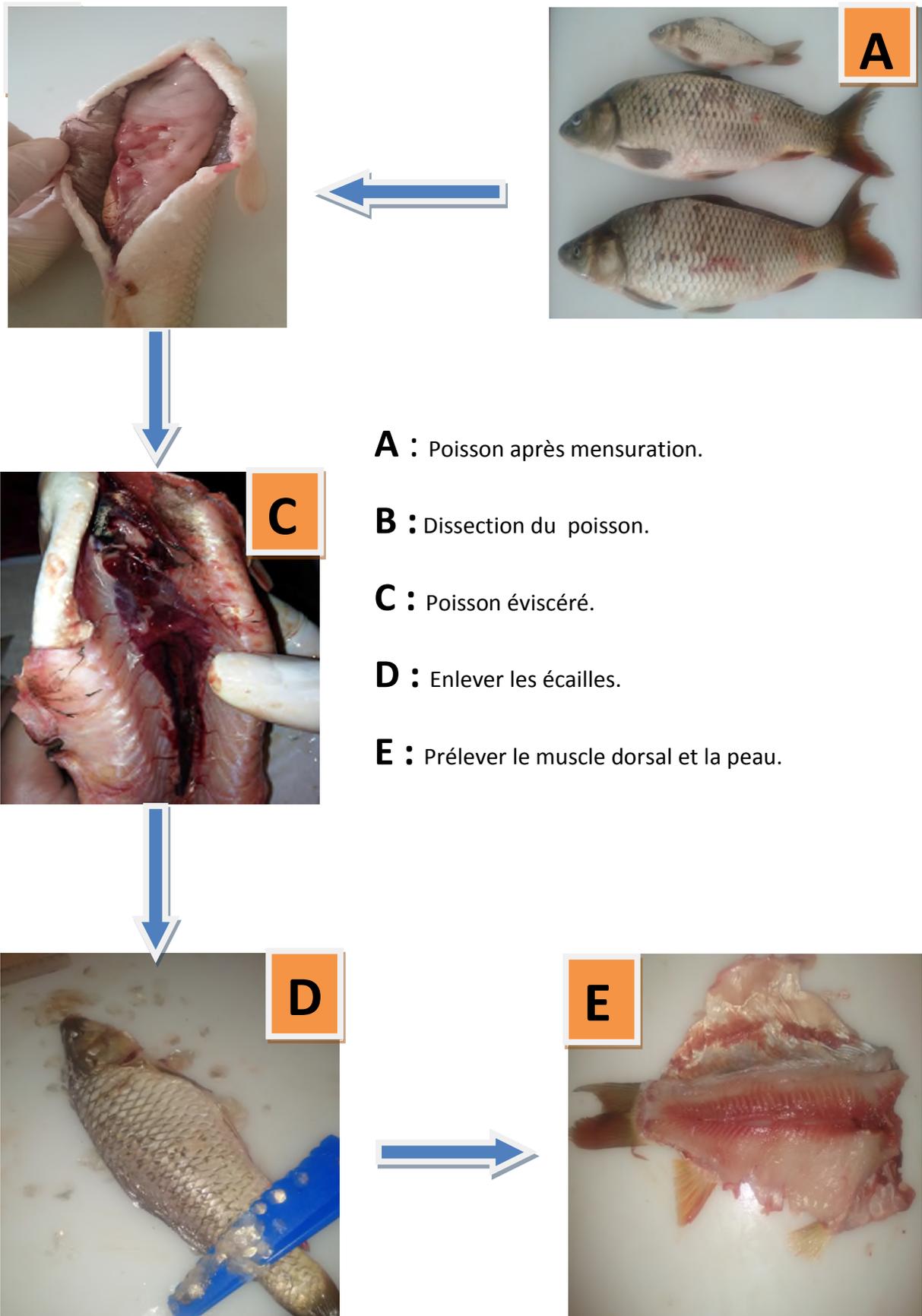
- Le poids : La mesure de la masse des poissons est réalisée à l'aide d'une balance de marque KERN PCB d'une précision de 0.1 g, pour chaque poisson on mesure les masses suivantes :
 - Le poids total du poisson.
 - Le poids éviscéré qui correspond au poids évidé du poisson.

II-2-3 - Dissection

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

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

- Séparer tout les organes internes du corps.
- Peser l'individu sans ses organes internes (poids éviscéré).
- Isoler les gonades pour reconnaître le male de la femelle.
- Gratter la peau du poisson avec un couteau en plastique, pour enlevé les écailles.
- Séparer la peau de la chaire.
- Prélever le muscle dorsal et la peau.
- Mettre la chaire et la peau dans des boîte de pétri et conserve dans un congélateur à une température de -18 °c.



A : Poisson après mensuration.

B : Dissection du poisson.

C : Poisson éviscéré.

D : Enlever les écailles.

E : Prélever le muscle dorsal et la peau.

Figure n° 12 : Les étapes de prélèvements du muscle dorsal et la peau (Original)

II-2-4- Séchage

Cette étape consiste à sécher les échantillons de muscles et de la peau. Ces derniers sont étalés dans des boîtes de Pétris et séchés dans l'étuve sous une température de 103°C pendant 48 heures. 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 n° 13 : Séchage du muscle et de la peau. (Original)

II-2-5- Homogénéisation

Pour chaque individu, le muscle et la peau sont broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine (figure n°14). Le broyat obtenu est une poudre sèche susceptible d'être conservée longtemps, cette texture facilite également la solubilisation des échantillons.



Figure n° 14 : Un muscle broyé avec un mortier en porcelaine. (Original)

III - Dosage des Métaux lourds

III-1- Principe

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

III -2- La minéralisation

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

La minéralisation consiste en l'attaque à chaud par un acide fort dans le but de faire passer les métaux lourds, associés à la matière organique, en solution

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 par sont comme suit:

- Peser 0.5g de l'échantillon à analyser;
- Ajouter 5ml d'acide nitrique à 65% de pureté
- Et 2ml d'eau oxygéné 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)

III-3- 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 pur jusqu'au trait de jaugeur. La solution obtenue est conservée dans des godets étiquetés jusqu'au moment du dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique.

III.4 -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). Cette analyse est effectuée au niveau du laboratoire de génies des procédés de l'Université de Bejaia.

III-5-Etalonnage

La S.A.A est une méthode expérimentale qui exige l'étalonnage de l'appareil, avec des solutions standards de concentration connus. 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.

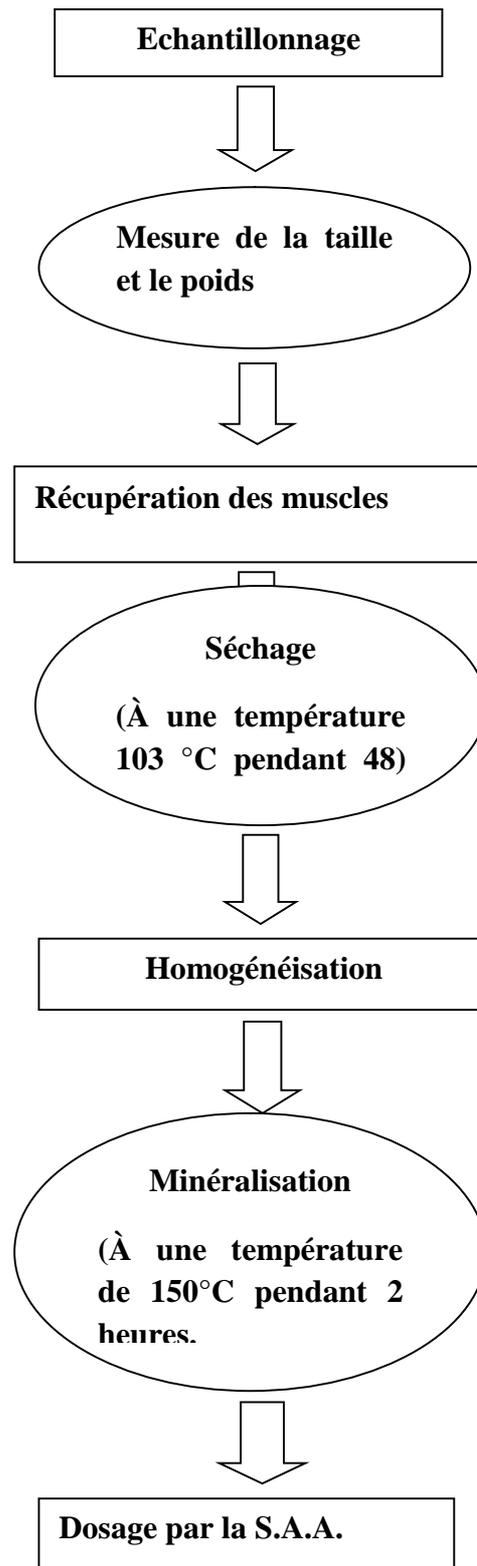


Figure n° 15 : Résumé du protocole expérimental suivi dans notre étude.

III-6 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 :

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

Où

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.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III-Résultats et discussions:

Les résultats obtenus sont présentés d'une part par espèces de poissons et d'autre part par stations d'échantillonnage.

III.1- Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons de l'oued Soummam

Les résultats relatifs aux teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons pêchés dans l'oued Soummam durant les mois de Mars et Avril 2017 sont regroupés dans le tableau IV et sont illustrés sur la figure 16.

Tableau IV : Teneurs moyenne 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
<i>Barbus callensis</i>	186,45	71,9	65,64	0
<i>Mugil cephalus</i>	-	135,48	81,42	0
<i>Cyprinus carpio</i>	102,35	149,96	24,835	0

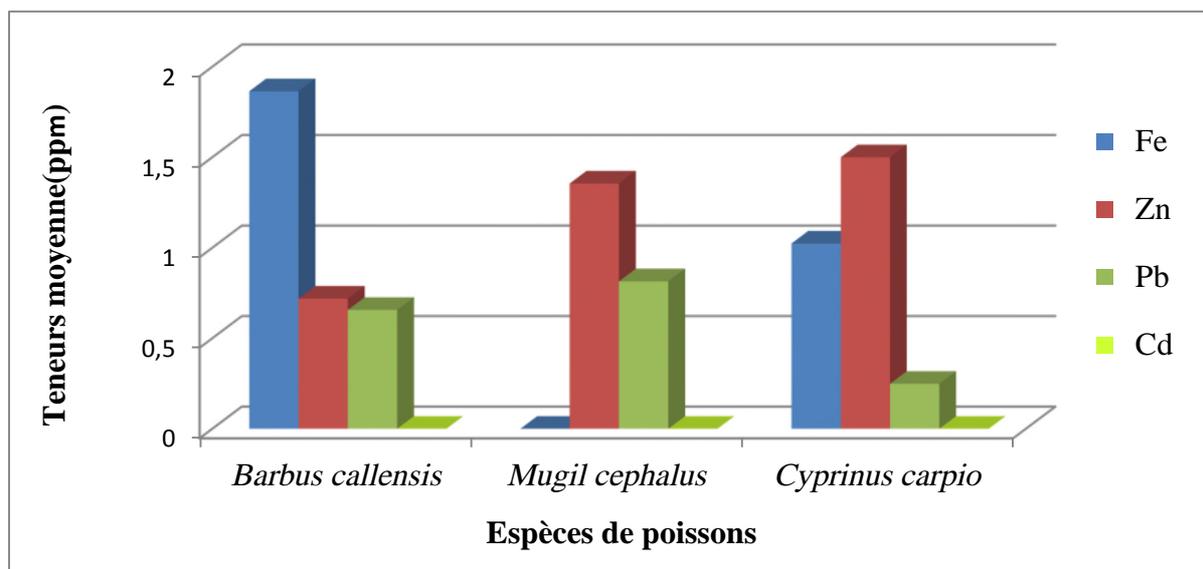


Figure n°16: Teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans les muscle des différentes espèces de poissons de l'oued Soummam.

Les teneurs moyennes des métaux lourds (Cd, Pb, Zn et Fe) dans le muscle des trois espèces de poissons (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*) vivantes dans l'oued Soummam montrent l'absence totale des traces du Cd (Tab. IV et fig.16).

L'absence du Cd dans la chair de la Tuite commun a été aussi signalé par CAUDRON (2006) dans le bassin de l'Arve en France. Cependant EL MORHIT & al. (2012) ont trouvé des traces de Cd dans le muscle de *Barbus callensis* (0,027mg/kg) et dans ce lui de *Mugil cephalus* (0,022mg/kg) au niveau de l'estuaire du bas Loukkos (Maroc).

Les traces du Cd ont été également détectées dans le muscle barbeau de rivière (*Barbus barbus*) (0,009mg/kg) vivant dans le Fleuve Saint-Laurent à Québec (ARAUJO, 2013).

En revanche les traces des autres métaux (Pb, Zn et Fe) recherchés dans le muscle des espèces étudiées sont présentes avec des concentrations variables d'une espèce à l'autre. Il est a signalé que le Pb est le moins concentré chez les trois espèces par rapport au Fe et au Zn, en suivant l'ordre suivant établi.

-*Barbus callensis* : Fe > Zn > Pb >> Cd

-*Mugil cephalus* : Zn > Pb >> Cd

-*Cyprinus carpio* : Zn > Fe > Pb >> Cd

Il est a remarqué que *Mugil cephalus* est le poisson qui accumule plus du Pb (81,42 mg/kg). Suivi par *Barbus callensis* (65,64 mg/kg). Alors que la Carpe *Cyprinus carpio* n'a accumulée que 24,835 mg/kg du Pb (Tableau IV et Fig.16). Dans le lac Mogan en Turkey, les teneurs moyennes du Pb dans le muscle de *Cyprinus carpio* sont élevés avec 4,5µg/g, Celles-ci sont doublement accumulé dans le fois de la même espèce avec une teneur moyenne de 9,19 µg/g (Benzer et al., 2013). Il est à signalé que les poissons de l'oued Soummam accumulent le Pb 30 à 40 fois plus que les mêmes espèces vivante 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). Cette comparaison nous renseigne sans doute sur le taux de contamination important de l'oued Soummam par le Pb. Sachant que le plomb est un élément non essentiel au métabolisme des êtres vivants, de retrouver de telles concentrations peu suggéré que sa provenance vient d'activités humaines. D'ailleurs MOUNI & al, (2009) ont mentionné 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 déversé par les communes de la vallée qui atteint 29 810 m3/j. ce

qui rend l'eau de l'oued non seulement inapte à l'utilisation mais constitue une menace pour l'environnement et la santé des riverains.

La présente étude montre que *Cyprinus carpio* représente le poisson le plus indicateur de pollution en Zn (149,96 mg/kg) dans l'oued Soummam. Suivi par *Mugil cephalus* avec une teneur moyenne de 135,48mg/kg. Alors que *Barbus callensis* n'a accumulé qu'une teneur moyenne de 71,9 mg/kg en Zn (Tab.IV et Fig. 16). 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 détecté, cette valeur est 5 fois accumulée dans le foie de la même espèce avec une teneur moyenne de 154,59µg/g (Benzer et al., 2013).

Le Fe comme le Zn, constituent les éléments trace métallique les plus accumulés dans le muscle des poissons étudiés, les valeurs de leurs abondances par rapport aux Pb et au Cd nous indique une importante pollution du milieu aquatique par ces métaux. *Barbus callensis* est le poisson qui accumule plus de Fe que de Zn avec une teneur moyenne de 186,45 mg/kg. Suivi par une moyenne d'accumulation de 102,32 mg/kg dans le muscle de *Cyprinus carpio*. Le Fe n'a pas été dosé dans le muscle de *Mugil cephalus* (Tab.IV et Fig. 16). Nos résultats sont comparables à ceux de Benzer et al.2013) ayant travaillé dans le lac de Mogan en Turkey, la teneur moyenne en Fe dans le muscle de *Cyprinus carpio* est de 57,20µg/g, ils signalent que cette teneur est 5 fois élevée dans le foie de la même espèce avec 316,6 µg.

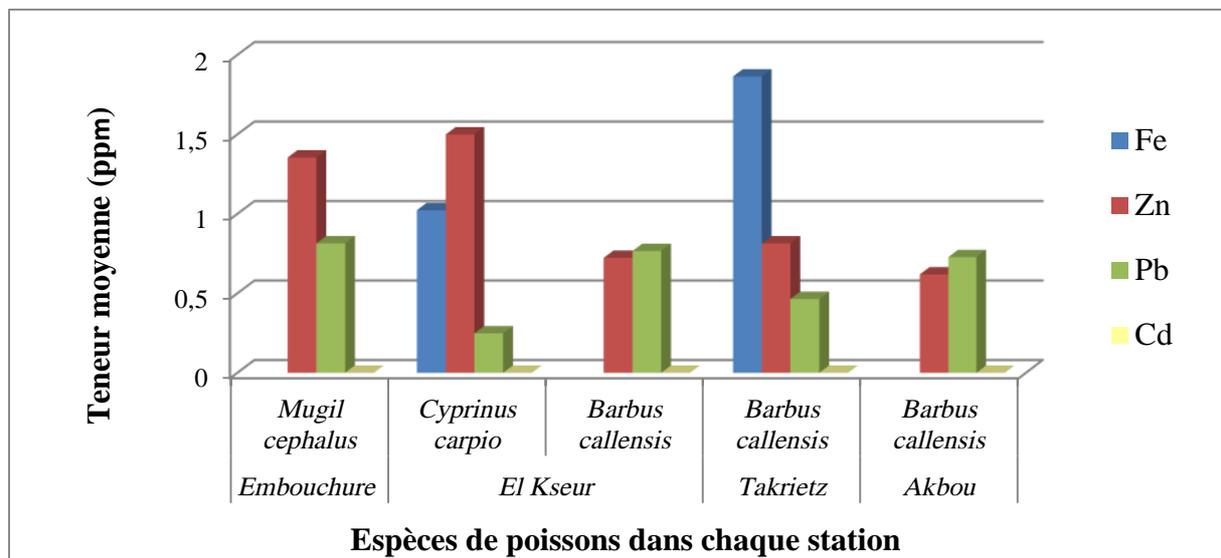
III.2- Bioaccumulation des éléments traces métalliques par les poissons en fonction des stations :

Les teneurs en éléments traces métalliques des espèces de poissons pêchées dans différentes stations de l'oued Soummam (Akbou, Takariet, El-Kseur et l'Embaucheur) sont enregistrées dans le tableau V et sont illustrés sur la figure 17.

Tableau V : Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons dans différentes stations.

Station	Espèce	Eléments traces métalliques (mg/kg)											
		Fe			Zn			Pb			Cd		
		Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Embouchure	<i>Mugil cephalus</i> (n=3)	-	-	-	76,72	94,84	135,48	79,59	84,04	81,42	0	0	0
El-kseur	<i>Cyprinus carpio</i> (n=2)	92,3	112,4	102,35	67,4	232,52	149,96	23,25	26,42	24,83	0	0	0
	<i>Barbus callensis</i> (n=3)	-	-	-	61,24	83,95	72,35	75,05	78,44	76,62	0	0	0
Takriet	<i>Barbus callensis</i> (n=3)	92,8	280,1	186,45	52,32	107,28	81,41	30,91	72,91	46,51	0	0	0
Akbou	<i>Barbus callensis</i> (n=3)	-	-	-	55,27	68,83	61,94	46,11	90,68	72,77	0	0	0

Min= Minimum ; Max= Maximum ; Moy= Moyenne ; - : non dosé

**Figure n°17** : Teneurs moyenne en éléments traces métalliques dans le muscle des espèces de poissons dans différentes stations.

D'après le Tableau V et la figure 17, le Cd est complètement absent dans la chair des poissons de toute la superficie de l'oued Soummam.

En termes d'accumulation du Pb par les poissons (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*) pêché au niveau des stations (Akbou, Takriet, El-Kseur et l'Embocheur) de l'oued Soummam, nous révèle que l'embaucheur est la station la plus polluée avec une teneur moyenne de 81,42mg/kg dans le muscle de *Mugil cephalus*. Suivi par la station d'El Kseur avec une teneur moyenne de 76,62mg/kg accumulé par *Barbus callensis*, par contre au niveau de la même station *Cyprinus carpio* a accumulée moins de 1/3 de cette teneur soit (24,83 mg/kg). La station d'Akbou arrive en troisième position avec une teneur moyenne de 72,77 mg/kg accumulé par *Barbus callensis*. En fin, au niveau de la station Takriet, nous avons détecté une teneur moyenne de 46,51 mg/kg du Pb dans la chair du *Barbus callensis*. Selon Moni et al. (2009), l'eau de la station Embaucheur de la Soummam est la plus polluée en Pb durant tous les prélèvements effectués pendant l'été 2003, avec des teneurs 1,84 à 4,32mg/l.

Les teneurs moyenne en Zn accumulé dans le muscle des poissons de la Soummam sont plus importante au niveau de l'embaucheur (*Mugil cephalus* 135,48mg/kg) et celle d'El-Kseur (*Cyprinus carpio* 149,96mg/kg). Il est à remarqué que *Barbus callensis* a accumulé des teneurs proches au niveau des différentes stations des la Soummam (Tableau V et Fig.17).

Le Fe est dosé que dans la chair des poissons de Takrit (*Barbus callensis* =186,45mg/kg) et ceux de la station d'El-Kseur (*Cyprinus carpio* = 102,35 mg/kg).

D'après les données obtenues, pour les échantillons de muscle de chaque espèce et de chaque station on peu dire que les concentrations des quatre métaux (Fe, Zn, Pb et Cd) suit un ordre que ce soit :

✚ Par espèce :

-*Barbus callensis* : Fe > Zn > Pb >> Cd

-*Mugil cephalus* : Zn > Pb >> Cd

-*Cyprinus carpio* : Zn > Fe > Pb >> Cd

✚ Par station :

-Akbou: Pb > Zn >> Cd

-Takriet: Fe > Zn > Pb >> Cd

-El Kseur: Fe > Zn > Pb >> Cd

-Embouchure: Zn > Fe >> Cd

✚ Par ordre général décroissant de la bioaccumulation des ETM dans les différentes espèces de poissons étudiées.

-Le fer : *Barbus callensis* > *Mugil cephalus*

-le zinc : *Cyprinus carpio* > *Mugil cephalus* > *Barbus callensis*

-Le plomb : *Mugil cephalus* > *Barbus callensis* > *Cyprinus carpio*

Selon (MOUNI & al, 2009) les sources de pollution de l'Oued Soummam sont nombreuses. On compte 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 déversé par les communes de la vallée qui atteint 29 810 m³/j. ce qui rend l'eau de l'oued non seulement inapte à l'utilisation mais constitue une menace pour l'environnement et la santé des riverains.

III.3 -Comparaison des données obtenues avec les normes internationales :

Le tableau VI, regroupe les résultats de comparaison avec les normes internationales.

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

	Métaux	Zinc	Fer	Plomb	Cadmium
	D. M. A.	5 mg/kg	-	0,3 mg/kg	0,15 mg/kg
Espèces	<i>Barbus callensis</i>	186,45	71,9	65,64	0
	<i>Mugil cephalus</i>	-	135,48	81,42	0
	<i>Cyprinus carpio</i>	102,35	149,96	24,835	0

- : non dosé

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 chair de toutes les espèces de poissons analysé prévenant de l'oued Soummam. Alors que les autres éléments trace métallique (Pb, Zn et Fe) dépassent largement les doses maximales admissibles de métaux lourds dans le poisson fixées par la F.A.O, avec des teneurs très alarmantes. Ce qui traduit la présence d'une pollution aigue de l'Oued Soummam par les métaux lourds.

CONCLUSION

Conclusion

L'évaluation de la pollution de l'environnement en particulier celle de l'écosystème aquatique est rendu possible grâce à l'utilisation des êtres vivant qui y vivent à l'intérieur.

C'est le cas des poissons qui accumulent des métaux lourds au fil du temps.

La présente étude c'est déroulée a pour but d'évaluer la pollution métallique (Cd, Pb, Zn et Fe) de l'Oued Soummam par l'analyse de la chaire de quelques espèces de poissons. Au totale 32 individus appartenant à quatre espèces (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Anguilla anguilla*). Ces échantillons ont été minutieusement traités, séchés, broyés puis minéralisés et en fin le dosage des éléments traces métalliques est réalisé avec la S. A.A. Les résultats obtenus ont confirmés la bioaccumulation de ces poissons pour les métaux lourds. D'ailleurs, *Mugil cephalus* est le poisson qui accumule plus du Pb (81,42 mg/kg). Suivi en deuxième position par *Barbus callensis* (65,64 mg/kg). Alors que *Cyprinus carpio* n'a accumulée que 24,835 mg/kg du Pb.

Le Cd (l'élément le plus toxique) est totalement absent dans les muscles des trois espèces. Le Fe et Zn sont des oligoéléments nécessaires à faibles doses pour le corps de toutes espèces aquatiques. Mais malheureusement les teneurs moyennes en ces deux métaux sont excessivement élevées. *Cyprinus carpio* représente le poisson le plus indicateur de pollution en Zn (149,96 mg/kg) dans l'oued Soummam. Arrivent en deuxième position *Mugil cephalus* avec une teneur moyenne de 135,48 mg/kg. Alors que *Barbus callensis* n'a accumulé qu'une teneur moyenne de 71,9 mg/kg en Zn. Il est a signalé que *Barbus callensis* est le poisson qui accumule plus de Fe que de Zn avec une teneur moyenne de 186,45 mg/kg. Une moyenne d'accumulation de 102,32 mg/kg dans le muscle de *Cyprinus carpio* est enregistrée.

Le présent travail vient nous confirmé le caractère de bioaccumulation des poissons pour les éléments traces métalliques.

Les résultats obtenus nous ont permis d'arriver aux conclusions suivantes :

L'oued Soummam est qualifié déjà par Mouni et *al.* (2009) et Maan et *al.* (2010) comme infecte et la présente étude le confirme.

Il est donc nécessaire d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution et de leur effet sur l'environnement, en obligeant les divers industriels existants à se doter de système de traitement de leurs eaux résiduelles, ainsi que le recyclage et la réutilisation des déchets.

Références bibliographique

- ADAMS S.M., (2002). “*Biological indicators of aquatic ecosystem stress. Bethesda, MD*”, American Fisheries Society.
- AMEUR B., BAYED A. & BENZAOU T., 2003 - Rôle de la communication de la lagune de Merja Zerga (Gharb, Maroc) avec l’océan Atlantique dans la reproduction d’une population de *Mugil cephalus* L. (Poisson Mugilidae) *Bulletin de l’Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, n°25 : 77-82.
- ARAUJO R. N., 2013 - *Évaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés organiques persistants chez des poissons d’intérêt sportif du fleuve Saint-laurent à QUÉBEC*. MEM (M. E.)UNIV. SHERBROOKE, 72 p.
- BAHLOUL F., 2014 - *Contribution au développement de la méthode d’estimation des ressources en eau (Cas des ressources en eau du bassin versant de la Soummam)*. Mem. Mag, Univ., Bejaia, 127 p.
- BENOIT-CHABOT V., 2014 - *Les facteurs de sélection des bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques : élaboration d’un outil d’aide à la décision*. Maitrise en environnement, Univ., SHERBROOKE, 104 p.
- BINEY C., AMUZU A.T., CALAMARI D., KABA N., MBOME I.L., NAEVE H., OCHUMBA O., OSIBANJO O., RADEGONDE V. & SAAD M.A.H., 1999 - *Etudes des métaux lourds*, archives de documents de la FAO.
- BLIEFERT C. et PERRAUD R., 2001 - *Chimie de l’environnement : Air, eau, sol, déchets*. 1^{er} Édition, Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 478 p.
- BLIEFERT C. et PERRAUD R., 2011 - *Chimie de l’environnement : air, eau, sol, déchets*. 2^{ème} Édition, Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 465 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.
- CAUDRON A., 2006- *Première évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune (*Salmo trutta*) sur le bassin de l’Arve*. Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 11 p.

Références bibliographiques

- CHAGUER M. 2013 - *Analyse et spéciation des métaux dans un Oued en zone minière : Cas de l'Oued Essouk*. Doc, Univ., Constantine 1. 130 p.
- CHERGHOUS S., KHODARI M., YAAKOUBI BENABID. & BADRI A. 2002 - Contribution à l'étude de régime alimentaire du barbeau (*Barbus barbus callensis* Valenciennes, 1842) d'un cours d'eau du moyen-atlas (Maroc) : Oued BOUFEKRANE. *Revue des sciences de l'eau* : 153-163.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Détermination des métaux dans les tissus animaux : méthode par spectrométrie au plasma d'argon après minéralisation acide*, MA. 207 – Mét 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec, 2003, 19 p.
- DJOUDAD-KADJI H., BENSLIMANE S., CHEVALIER C., KADJI B., EXBRAYAT J.M. and IGUER-OUADA M., 2012 - First observation of intersex in barbell *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842) collected in Soummam River (Algeria). *Cybium*, 36 (4): 531 - 538.
- DJOUDAD-KADJI H., KADJI B., BENSLIMANE S., EXBRAYAT J. M., IGUEROUADA M. et CHEVALIER C. 2012 - Description histologique des différents stades de développements ovocytaires de *barbus callensis* (valenciennes, 1842) dans l'Oued Soummam (ALGERIE). *Rev. Fr. Histotechnologie.*, vol 25, n°1 : 13-21
- 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.
- EL MORHIT M. et FEKHAOU M. 2012- Contamination métallique des muscles de cinq espèces de poissons de l'estuaire du bas loukkos (cote atlantique marocaine. *ScienceLib* Ed. Mersenne : Vol 4, N ° 120116.
- FAO & ONU, PROJET REGIONAL MEDITERRANEEN DE DEVELOPPEMENT DE L'AQUACULTURE : Techniques d'élevage intensif et d'alimentation de poissons et de crustacés Villanova di Motta di Livenza ITALIE - Vol. II.
- GAUJOUS D. 1995 - *La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire*. 2^{ème} Ed, Ed. Lavoisier, paris : 220 p.
- GENIN B., CHAUVIN C. et MENARD F. 2003 - *Cours d'eau et indices biologiques : Pollution-Méthodes-IBGN*. 2^{ème} Ed, Ed, Educagri : 220 p.
- GERARD M. 2000 - *les effets des métaux lourds sur l'environnement et la sante*. Rapport : 365 p.

Références bibliographiques

- GHALAOUI M.A., 2009 - *Mise au point de nouvelles méthodes analytiques spectroscopiques et électrochimiques de détection des éléments traces dans différents types de matrices*. Thèse d'Université Hassan II.FSTM.
- GILLI E., MANGAN C. et MUDRY J. 2008 - *Hydrogéologie : Objets, méthodes, applications* 2^{ème} Ed. Ed, DUNOD, Paris :354 p.
- KRAIEM M.M. 1994 - Etude systématique de la biogéographie de genre *Barbus* cuvier, 1817 (poissons, Cyprinidae). Cas des barbeaux tunisiens. *Bull. Edition : INSTM (25) : 101-107.*
- LEVEQUE C. 1996 - *Ecosystèmes aquatiques*. Ed, Hachette : 159 p.
- Loi n^o 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- MAANE S. 2011- *Qualités des eaux de l'Oued Soummam : Caractérisation et impacts des facteurs Anthropiques et Naturels*. Doc, Univ, Bejaia : 97 p.
- MOUNI L., MERABET L., ARKOUB H. et MOUSSACEB K. 2009 - Etude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie).*Rev Sécheresse*, Vol 20, N^o 4 : 360- 366.
- OUMAR B & EKENGELE Nga Léopold. AUGUSTIN Ondoa désiré BALLA. 2014 - Évaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun, *Rev Afrique Science*, vol 10, n^o2 : 184-198
- RAMADE F. 2011- *Introduction à l'écochimie les substances chimiques de l'écosphère à l'homme*. Ed, Lavoisier. paris : 828 p.
- RAVEN P. H., BERG L. R. et HASSENZAHN D. M. 2008 - *Environnement*. 6^{ème} Ed, Ed, De Boeck : 687.
- RENAULT S. 2011- *Etude écotoxicologique des impacts des contaminations métallique et organiques chez l'anguille européenne (Anguilla Anguilla L.), dans l'estuaire de la gironde*. Thèse doc, Univ, Bordeaux 1 : 420 p.
- TRABELSI-ZOUARI A. 2011 - *Effet intra-ponte du moment d'éclosion sur la morphologie, la croissance et l'efficience métabolique des larves de brochet *Esox lucius* et de carpe commune *Cyprinus carpio**. Doc, Univ, Sfax : 134 p.
- BENZER, S. ; ARSLAN, H.; UZEL, N.; GÜL, A.; YILMAZ, M.2013 - Concentrations of metals in water, sediment and tissues of *Cyprinus carpio* L., 1758 from Mogan Lake (Turkey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 12(1) pp 45-55.

Références bibliographiques

Sites internet consultés :

- FAO Fisheries and Aquaculture Department:
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/fr, consulté le 07/05/2017.
- <http://www.maxsante.com/115-symptomes-toxicite-zinc>, consulté le 15/062017.
- <http://www.lenntech.fr/data-perio/fe.htm>, consulté le 15/02017.
- http://raf.dessins.free.fr/2bgal/img.php?id_img=5782, consulté le 19/06/2017.
- <http://www.fao.org/fishery/species/3050/en>; consulté le 20/04/2017.
- <http://www.karpeace.com/carpe/anatomie-de-la-carpe/>, consulté le 21/05/2017.
- <http://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/connaitre-languille>; consulte le 20/04/2017.
- <http://www.ptable.com/?lang=fr>, consulté le 22/05/2017.

ANNEXE

Tableau I : Mensurations des espèces analysées.

Station	Espèce	N°	Taille		Poids		Sexe
			Total	Fourche	Total	Evicéré	
Embouchure	Mulet	1	27	25	161,9	143,8	F
		2	25	23	122,6	108,5	F
		3	27	25,2	168	149,8	F
		4	28,5	26,5	196,3	175,8	M
		5	27,5	24,5	157,6	141,5	M
		6	25	23,5	137,7	119,4	M
		7	24,7	23,3	133,9	122,5	F
		8	26	24,3	176,5	156,3	F
		9	24,7	22,8	137,9	118,9	M
		10	23,6	21,8	119	103,5	M
	Moyenne	25,9	23,99	151,14	134		
El-kseur	Carpe	1	34	31	581,6	453,3	F
		2	34,5	31,5	568,1	478,6	F
		Moyenne	34,25	31,25	574,85	465,95	
	Barbeau	1	20	18,5	103,4	86,4	F
		2	24,8	23,3	184,2	153,3	F
		3	22,5	21	126,2	104,9	M
		4	22,5	21,3	147,6	120,1	F
		Moyenne	22,45	21,025	140,35	116,175	
	Anguille	1	26,8		34,9	28	ND
		2	27,7		32,9	26,4	
3		31,8		53,2	47,4		
Moyenne		28,76		40,33	33,93		
Takrietz	Barbeau	1	22,4	20,8	155,8	122,1	F
		2	17,5	15,2	65,1	53,4	M
		3	16,8	15,4	53,1	42,1	M
		4	16	15	42,3	36,9	M
		Moyenne	18,175	16,6	79,075	63,625	
Akbou	Barbeau	1	24,9	23,2	200,1	159,7	F
		2	22,2	20,8	149,3	120	F
		3	25,7	23,7	202,8	157,1	F
		4	23,6	22,5	208,2	163,7	F
		5	27,1	25,4	290,9	233,8	F
		6	26,5	24,7	253,9	205,2	F
		Moyenne	25	23,38	217,53333	173,25	

Tableau II : paramètres biologique des espèces analysés.

Espèce	n	Longueur totale (Cm)		Poids (g)	
		M ± E	i - x	M ± E	i - x
Mulet	10	25,9±1,55	23,6-28,5	151,14±24,99	119-196,3
Barbeau	14	22,32±3,56	16-27,1	155,92±73,89	42,3-290,9
Carpe	2	34,25±0,35	34-34,5	574,85±9,54	568,1-581,6
Anguille	3	28,76±2,66	26,8-31,8	40,33±11,59	32,9-53,9

M : moyenne, E : Ecart-type, i : Minimal, x : Maximal. __ Carpe (*Cyprinus carpio*), Mulet (*Mugil cephalus*), Anguille (*Anguilla anguilla*), et Barbeau (*Barbeau barbuis calle*)

Tableau III : Résultats obtenus des concentrations moyennes en ETM par espèces dans chaque station.

Station	Espèce	n	Eléments traces métalliques (ppm)			
			Fe	Zn	Pb	Cd
Embouchure	Mulet	1	-	1.9484	0,8063	0
		2	-	1.3488	0,7959	0
		3	-	0.7672	0,8404	0
	Moyenne			1,3548	0,8142	0
El-kseur	carpe	1	1,124	0.674	0,2642	0
		2	0,923	2.3252	0,2325	0
	Moyenne		1,0235	1,4996	0,24835	0
	Barbeau	1	-	0,6124	0,7844	0
		2	-	0,7186	0,7505	0
		3	-	0,8395	0,7639	0
	Moyenne			0,7235	0,7662667	0
Takrietz	Barbeau	1	2,801	0.5232	0,3572	0
		2	0,928	1.0728	0,3091	0
		3	-	0,8465	0,7291	0
	Moyenne		1,8645	0,8141	0,4651333	0
Akbou	Barbeau	1	-	0,5527	0,8152	0
		2	-	0,6883	0,9068	0
		3	-	0,6172	0,4611	0
	Moyenne			0,6194	0,7277	0
<i>Barbus callensis</i>			1,8645	0,719	0,6564	0
<i>Mugil cephalus</i>			-	1,3548	0,8142	0
<i>Cyprinus carpio</i>			1,0235	1,4996	0,24835	0

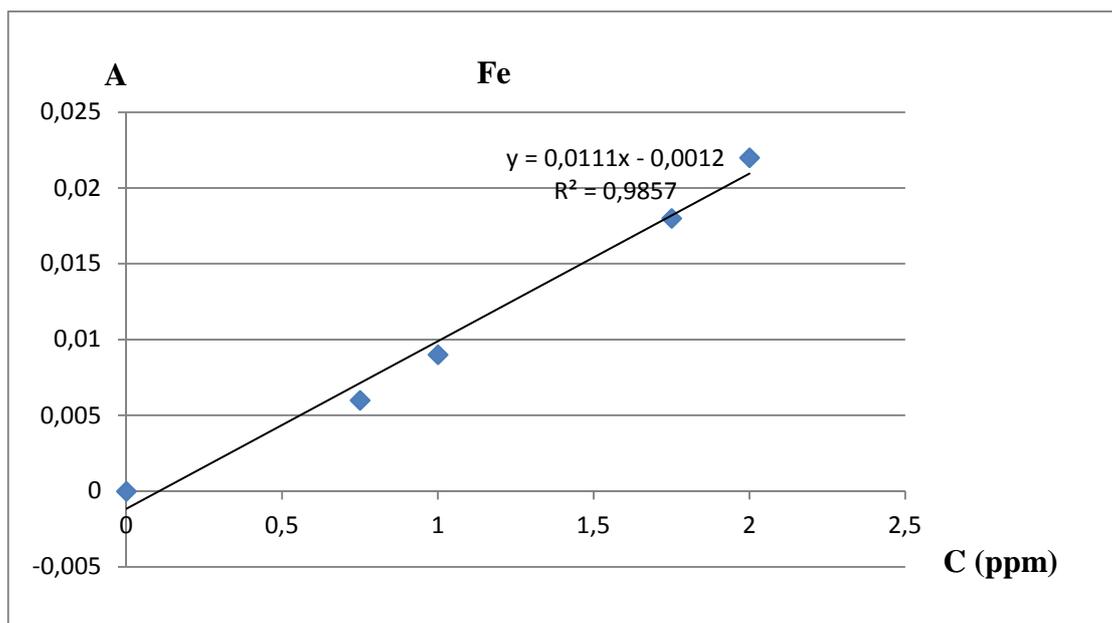


Figure n° 1: courbe d'étalonnage du fer.

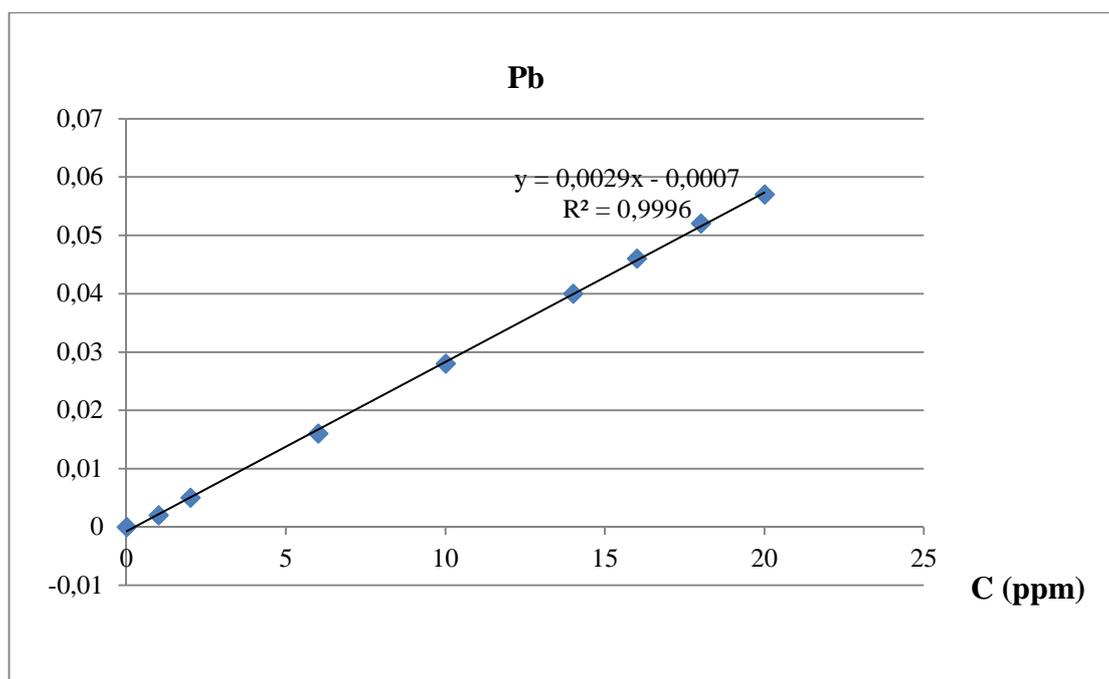


Figure n° 2: courbe d'étalonnage du plomb

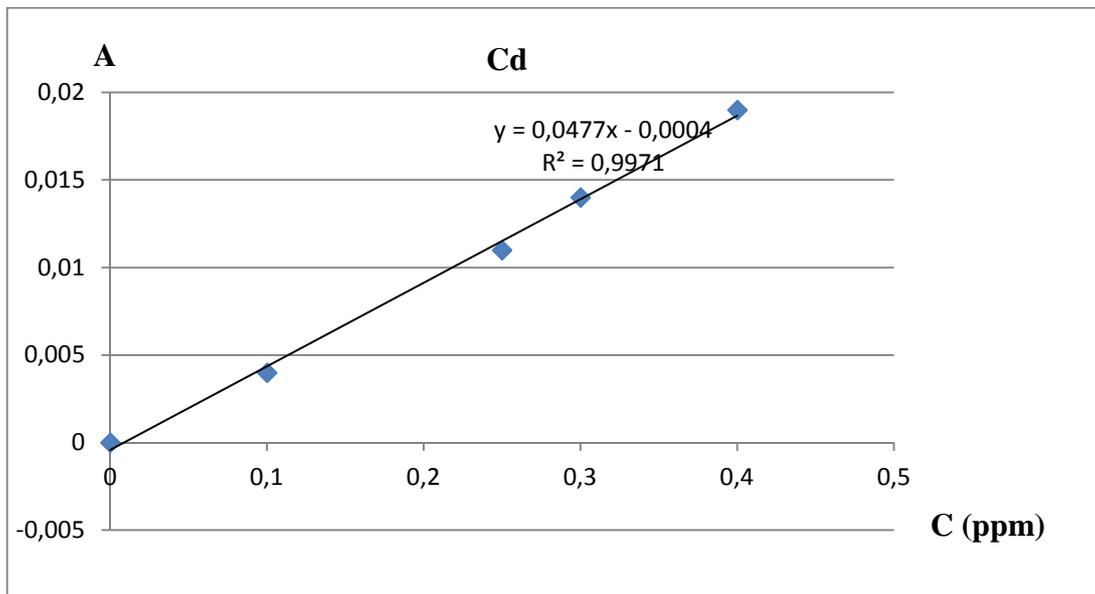


Figure n°3 : courbe d'étalonnage du cadmium.

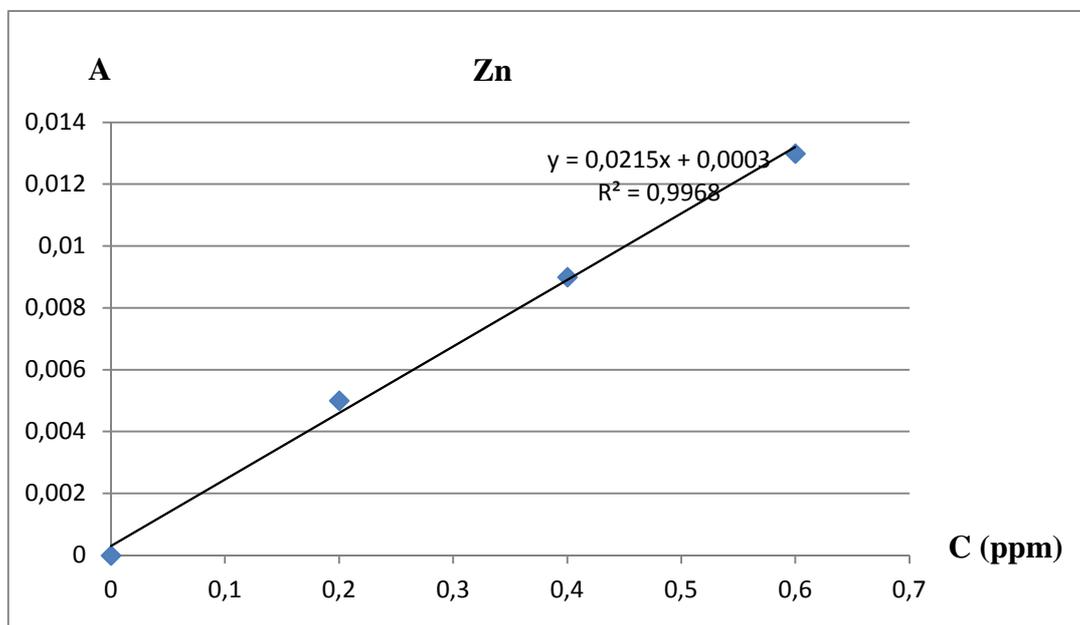


Figure n°4 : courbe d'étalonnage du zinc.

Résumé

Ce travail a pour but d'évaluer la pollution métallique en 'Cd, Pb, Zn et Fe' dans l'Oued Soummam par l'analyse de la chair de quelques espèces de poissons (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*). Ces échantillonnages ont été minutieusement traités, séchés, broyés puis minéralisés et en fin le dosage des éléments traces métalliques est réalisé grâce à la S. A.A. Les résultats obtenus ont confirmés la bioaccumulation de ces poissons pour les métaux lourds. *Mugil cephalus* est le poisson qui accumule plus du Pb (81,42 mg/kg). Suivi par *Barbus callensis* (65,64 mg/kg) et par *Cyprinus carpio* (24,835 mg/kg) du Pb. Le Cd est totalement absent dans les muscles des trois espèces. *Cyprinus carpio* représente le poisson le plus indicateur de pollution en Zn (149,96 mg/kg) dans l'oued Soummam. Suivi par *Mugil cephalus* (de 135,48 mg/kg). Alors que *Barbus callensis* n'a accumulé qu'une teneur moyenne de 71,9 mg/kg en Zn. *Barbus callensis* est le poisson qui accumule plus de Fe que de Zn avec une teneur moyenne de 186,45 mg/kg. Suivi à la fin par *Cyprinus carpio* (102,32 mg/kg). Le Fe n'a pas été dosé dans le muscle de *Mugil cephalus*.

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

Abstract :

-The purpose of this work is to evaluate the metal pollution of 'Cd, Pb, Zn and Fe' in the Oued Soummam by analyzing the pulp of some species of fish (*Barbus callensis*, *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*). These samples were thoroughly treated, dried, ground and then mineralized and finally the metering of the metallic trace elements is carried out thanks to S. A. A. The results obtained confirmed the bioaccumulation of these fish for heavy metals. *Mugil cephalus* is the fish that accumulates more Pb (81.42 mg / kg). Followed by *Barbus callensis* (65.64 mg / kg) and *Cyprinus carpio* (24.835 mg / kg) of Pb. Cd is completely absent in the muscles of the three species. *Cyprinus carpio* is the most indicator of Zn pollution (149.96 mg / kg) in the Soumam wadis. Followed by *Mugil cephalus* (135.48 mg / kg). Whereas *Barbus callensis* accumulated only an average of 71.9 mg / kg of Zn. *Barbus callensis* is the fish that accumulates more Fe than Zn with an average content of 186.45 mg / kg. Followed at the end by *Cyprinus carpio* (102.32 mg / kg). Fe was not assayed in the muscle of *Mugil cephalus*.

Key-words: Fish, heavy metals, Oued Soummam, bioaccumulation, pollution