

T.FNV.06/12

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Jijel

Faculté des sciences exactes et
sciences de la nature et de la vie

Département de biologie
animale et végétale



جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة
قسم البيولوجيا النباتية و الحيوانية

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention de diplôme : Master
Option : Toxicologie de l'environnement

Thème

**Bioaccumulation du Plomb et du Cadmium par deux espèces de
poissons (*Cyprinus carpio*, *Barbus barbus*) du barrage de Beni
Haroun (Wilaya de Mila)**

Président : M. Krika. A
Examineur : M. Oumeddour. A
Encadreur : M^{elle} Habila. S

Préparé par:
Balehouane . Akila
Keskas. Rima

Session: Juillet 2012

Sommaire

I. Introduction.....	1
II. Synthèse bibliographique	3
1. Généralités	3
2. Les radicaux libres	4
2.1. Définition.....	4
2.2. Nature et sources cellulaires des espèces réactives de l'oxygène et de l'azote... 5	
2.2.1. Les dérivés radicalaires de l'oxygène et de l'azote..... 5	
2.2.1.1. L'anion superoxyde ($O_2^{\cdot-}$)..... 5	
2.2.1.2. Le radical hydroxyle (OH^{\cdot})..... 5	
2.2.1.3. Le radical alcoxyle (RO^{\cdot})..... 6	
2.2.1.4. Le radical peroxyde (RO_2^{\cdot})..... 6	
2.2.1.5. L'oxyde nitrique (NO)..... 6	
2.2.1.6. Le dioxyde nitrique (NO_2^{\cdot})..... 7	
2-2-2-Les composés oxygénés non radicalaires..... 7	
2.2.2.1. Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)..... 7	
2.2.2.2. L'oxygène singulet (1O_2)..... 7	
2.2.2.3. L'acide hypochloreux (HOCl)..... 8	
2.2.2.4. Le peroxydinitrite (ONOOH)..... 8	
2.2.2.5. Les hydroperoxydes organiques (ROOH)..... 8	
3. Le stress oxydant et les systèmes de défenses antioxydantes..... 8	
3.1. Définition du stress oxydant..... 8	
3.2. Les conséquences biochimiques du stress oxydant..... 9	
3.2.1. La peroxydation lipidique..... 9	
3.2.2. L'oxydation des protéines..... 9	
3.2.3. L'oxydation de l'ADN..... 10	
3.3. Les systèmes de défense antioxydante	11
3.3.1. Le système de défense antioxydante primaire	11
3.3.1.1. Le système de défense enzymatique..... 11	
a) La superoxyde dismutase..... 12	
b) La catalase	13
c) Les glutathion peroxydases..... 13	

3.3.1.2. Le système de défense non enzymatique.....	14
A) Le système de défense non enzymatique endogène.....	14
B) Le système de défense non enzymatique exogène.....	16
1. La vitamine C.....	16
1.1. La nature de la vitamine C.....	16
1.2. Les sources de la vitamine C.....	16
1.3. L'effet antioxydant de la vitamine C.....	16
2. Autres molécules antioxydantes exogènes.....	17
2.1. La vitamine E.....	17
2.2. Les caroténoïdes.....	17
2.3. Les polyphénols.....	18
2.4. Les oligoéléments.....	18
3.3.2. Le système de défense antioxydante secondaire.....	18
a) La glutathion réductase.....	18
b) La glutathion-S-transférase.....	18
4. Le fluorure de sodium.....	19
4.1. Propriétés physico-chimiques.....	19
4.2. Les utilisations.....	20
4.3. Toxicité.....	20
5. Les érythrocytes.....	20
5.1. La structure.....	20
5.2. La physiologie.....	20
5.3. Les érythrocytes comme modèle pour l'étude du stress oxydant.....	21
III. Matériel et Méthodes.....	22
1. Matériel.....	22
1.1. Entretien des animaux.....	22
1.2. Produits chimiques.....	22
2. Méthodes.....	22
2.1. Traitement des animaux.....	22
2.2. Sacrifice des animaux et prélèvement des échantillons.....	22
2.3. Préparation des échantillons.....	23
2.4. Dosage du glucose par la Méthode de Dubois et <i>al</i> (1956).....	23
2.4.1. Principe.....	23
2.4.2. Mode opératoire.....	23

Remerciements

Avant tout, nous remercions le bon Dieu tout puissant qui nous a donné la force et la foi et de nous avoir permis d'arriver à ce stade là. Comme nous adressons nos remerciements à toute personne ayant participé à l'élaboration de ce présent Mémoire.

Notre première pensée va tout naturellement à notre encadreur M^{elle} Habila Safia qui suit fidèlement notre travail. Nous tenons à la remercier pour son encadrement et son soutien. Nous la remercions pour la confiance qu'elle nous a témoignée en nous confiant ce travail et pour nous avoir donné les moyens d'arriver au bout de ce projet. Nous avons apprécié sa grande chaleur humaine et sa disponibilité quotidienne.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail à savoir , .M . Krika A et M.Oumeddour A.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à tous les enseignants du département de biologie surtout :M.Roula S et Dr .Mayache.B

Nous remercions aussi le directeur de l'ANBT M. Elmanae grâce à qui nous avons eu l'appui logistique pour réaliser notre campagne d'échantillonnage

Nous exprimons toute nos gratitudeux aux membres de laboratoire d'écotoxicologie, et surtout notre ingénieur Nihad.

Très nombreux les gens qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail. Tout en nous excusant auprès de ceux de ne pas les citer, nous leur exprimons nos vives reconnaissances

2.5. Mesure de l'activité enzymatique de la catalase (Clairbon, 1985)	24
2.5.1. Principe.....	24
2.5.2. Méthode de dosage	24
2.5.3. Calcul.....	24
2.6. Mesure de l'activité enzymatique de la glutathion S-transférase (GST)	
(Habig et <i>al.</i> , 1974)	24
2.6.1. Principe.....	24
2.6.2. Méthode de dosage	24
2.6.3. Calcul.....	25
2.7. Dosage des protéines totales	25
2.7.1. Principe.....	25
2.7.2. Méthode de dosage	25
2.8. Dosage du cholestérol et des triglycérides	26
2.9. Evaluation statistique	26
IV. Résultats et discussion	27
1. Résultats.....	27
1.1. Les paramètres biochimiques	27
1.1.1. Le taux du glucose plasmatique	27
1.1.2. Le taux du cholestérol plasmatique.....	28
1.1.3. Le taux des triglycérides plasmatiques.....	28
1.1.4. Le taux des protéines totales plasmatiques	29
1.2. Les enzymes de détoxification.....	30
1.2.1. L'activité enzymatique de la catalase	30
1.2.2. L'activité enzymatique de la glutathion-S-transférase.....	31
V. Conclusion	34
Référence bibliographique.....	35
Annexes	

Liste des figures

Figure.01 . Schéma représentant le comportement des métaux rejetés dans les cours d'eau d'après Marchandise et Robbe.....	7
Figure 02 . Importance des sédiments dans l'écotoxicologie aquatique.....	9
Figure 03 . La biodisponibilité paramètre essentiel de la toxicité.....	10
Figure 04 . Voies de pénétration et d'excrétion chez les poissons d'eau douce.....	14
Figure 05 . Pollution chronique ou aiguë : une toxicité différente.....	17
Figure 06 . Localisation de barrage Beni Haroun.....	21
Figure 07 . Diagramme ombro-thermique de Gaussen.....	23
Figure 08 . Vue aval du barrage de Beni Haroun.....	24
Figure 09 . Vue amont du barrage Beni Haroun.....	24
Figure 10 . Déchets lessivés par les eaux.....	25
Figure 11 . Eaux usées domestiques évacuées vers le barrage.....	26
Figure 12 . Station 1.....	28
Figure 13 . Station 2.....	8
Figure 14 . Station 3.....	28
Figure 15 . Station 4.....	28
Figure 16 . Station 5.....	28
Figure 17 . Multi-paramètre HANNA, instrument HI9812-5	33
Figure 18 : Spectrophotomètre d'Absorption Atomique de type Shimadzu AA6800.....	36
Figure 19 . Variabilité spatiale de la température de l'eau du barrage de Beni Haroun.....	38
Figure 20 . Variabilité spatiale du pH des eaux du barrage de Beni Haroun	39
Figure 21 . Variabilité spatiale de la conductivité électrique dans les eaux du barrage Beni Haroun.....	40
Figure 22 . Distribution spatiale de cadmium dans les eaux du barrage Beni Haroun.....	41
Figure 23 . Distribution spatiale du plomb dans les eaux du barrage de Beni Haroun	42
Figure 24 . Distribution spatiale des valeurs moyennes de pH des sédiments du barrage de Beni	

Haroun	43
Figure 25 . Distribution spatiale de la conductivité électrique dans les sédiments du barrage de Beni Haroun.....	44
Figure 26. Distribution spatiale de la MO dans les sédiments du barrage de Beni Haroun.....	45
Figure 27. Distribution spatiale de la CEC dans les sédiments du barrage de Beni Haroun.....	46
Figure 28. Distribution spatiale de carbonates de calcium CaCO_3 dans les sédiments du barrage de Beni Haroun	47
Figure29 . Distribution spatiale du cadmium total dans les sédiments du barrage Beni Haroun...	48
Figure 30 . Evolution spatiale des teneurs du plomb biodisponible dans les sédiments du barrage Beni Haroun.....	49
Figure 31. Les concentrations du cadmium dans le barbeau et la carpe du barrage de Beni Haroun.....	51
Figure32 . Les concentrations du plomb dans le barbeau et la carpe du barrage de Beni Haroun.....	52

Liste des tableaux

Tableau 01 . Les températures et les précipitations moyennes mensuelles (septembre 2003-janvier 2011).....	23
Tableau 02 . La taxonomie du barbeau.....	31
Tableau 03 . La taxonomie du carpe.....	33
Tableau 04. Variabilité spatiale de la T°C dans les eaux du Barrage de Beni Haroun	38
Tableau 05 .Variabilité spatiale de pH des eaux du Barrage de Beni Haroun	39
Tableau 06 .Evolution spatial de la conductivité électrique dans le Barrage Beni Haroun	40
Tableau 07 .Variabilité spatiale du Cd des eaux de Barrage de Beni Haroun	41
Tableau 08 . Evolution spatiale de plomb dans les eaux du Barrage Beni Haroun	42.
Tableau 09 . Distribution spatial de pH dans les sédiments du Barrage de Beni Haroun.....	43
Tableau 10. Distribution spatial de la conductivité électrique des sédiments du Barrage de Beni Haroun	44
Tableau 11 . Distribution spatial de la matière organique dans les sédiments du Barrage de Beni Haroun	45
Tableau 12 . Distribution spatial de la capacité d'échange cationique dans le Barrage de Beni Haroun.....	46
Tableau 13 . Evolution spatiotemporelle de calcaire total dans les sédiments du Barrage de Beni Haroun	47
Tableau 14 .Evolution spatial des teneurs du cadmium total dans les sédiments du Barrage de Beni Haroun	48
Tableau 15.Evolution spatial des teneurs de plomb total dans les sédiments du Barrage de Beni Haroun	49
Tableau 16 . Les paramètres biologiques de la carpe.....	50

Tableau 17 . Les paramètres biologique du barbeau.....	50
Tableau 18 . Evolution spatial des teneurs du cadmium dans les deux espèces (<i>Barbus barbuis</i> , <i>Cybrinus carpio</i>).....	50
Tableau 19 . Evolution spatial des teneurs du plomb dans les deux espèces (<i>Barbus barbuis</i> , <i>Cybrinus carpio</i>).....	52
Tableau 20 . Comparaison entre les eaux et les sédiments du Barrage Beni Haroun et Barrage Ataturk (Cd,Pb).....	58
Tableau 21. Comparaison de la concentration obtenue du (Cd , Pb) dans les poissons du barrage de Beni Haroun avec celle observées dans les autres travaux derecherche.....	60

Liste des abréviations

A.F.N.O.R :	Association Française de Normalisation.
A.N.B.T :	Agence nationale des barrages et des transferts
ANOVA :	L'analyse de la variance
As :	Arsenic
BCR :	Béton compact roulé
Cd :	Cadmium
CEC :	Capacité d'échange cationique.
C.E.E :	Communauté européenne économique
CO :	Carbone organique
Cr:	Chrome
Cu :	Cuivre
ETM :	Eléments traces métalliques.
ETP :	Evapotranspiration potentielle.
FB :	Facteur de concentration
Fe :	Fer
Hg :	Mercure
g/Cm³ :	Gramme par centimètre cube
MO ::	La matière organique
µm :	Micromètre
µm/g :	Micromètre par gramme
µm/l :	Microgramme par litre
ND :	Non disponible
Ni :	Nickel

OMS :	Organisation mondial de la santé
Pb :	Plomb
Ppm :	Partie par million.
RNO :	Réseau National d'Observation de la qualité du Milieu Marin
SAA :	Spectrophotométrie d'absorption atomique
St :	Station.
STEP:	Station d'épuration
Zn:	Zinc

Introduction

Introduction

La contamination des écosystèmes aquatiques est une préoccupation environnementale majeure qui suscite un grand intérêt au cours des ces dernières années et préoccupe toutes les régions soucieuses et maintenir leur patrimoine hydrique à un haut degré de qualité **(Cuita , 2003)**. Les métaux lourds, associés aux rejets divers, représentent les polluants les plus redoutés pour ces milieux

Le plomb et le cadmium sont des métaux non essentiels, extrêmement toxiques et largement distribués dans l'environnement. Ils font partie des trois métaux classés comme polluants prioritaires de l'eau par la Communauté Economique Européenne (CEE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). **(Sobhi , 1997)**

La contamination par les métaux lourds d'un barrage apparait principalement par une augmentation de leurs concentrations dans les sédiments qui représentent le réceptacle final des métaux lourds et des déchets dans le milieu aquatique. Ces polluants extrêmement dangereux peuvent avoir des effets néfastes sur l'équilibre du milieu et la diversité des organismes aquatiques. Une fois absorbés par les être vivants, les éléments traces métalliques peuvent être accumulés à des concentrations nettement supérieures à celles retrouvées dans leur milieu. **(Cuita , 2003)**.

Parmi les organismes bioaccumulateurs des polluants , les poissons qui tiennent une place toute particulière dans cet écosystème en raison de leur position élevée dans la chaîne trophique, Ils sont employés couramment pour évaluer l'état sanitaire des écosystèmes aquatiques parce que les éléments traces sont responsables des effets nuisibles et de la mort des êtres vivants dans les systèmes aquatiques d'une part ,et de l'intoxication de la population qui se nourrit de ces poissons d'autre part. **(Cuita , 2003)**.

Le Barrage de Béni Haroun est une réalisation stratégique majeure dans le programme de développement du secteur des ressources en eau. Il est conçu selon une nouvelle technique de réalisation des barrages. Il est doté d'une station de pompage considérée comme l'une des plus importantes dans monde. Les eaux de ce barrage, sont destinées à l'alimentation en eau potable de quatre millions habitants, répartis sur les

wilayas de Constantine, Mila, Batna, Oum ElBouaghi et Khenchela; ainsi qu'à l'irrigation de plus de 400.000 hectares de terre agricole (A.N.B.T, 2012).

L'objectif principal de notre travail est d'évaluer la bioaccumulation des éléments traces métalliques par les poissons du Barrage de Beni Haroun à partir de prélèvements choisis .

Pour réaliser cet étude, le dosage du plomb et du cadmium a été réalisé dans le foie ,la chair et les branchies des deux espèces de poissons (*cyprinus carpio*, *barbus barbus*) considéré comme abondant dans le lac Barrage

Ce dosage doit être complété par des dosage des métaux et des analyses physicochimiques des eaux (T, pH, CE) et des sédiments(pH, CE, CEC, MO, CaCO₃) et qui sont des paramètres ayant une influence directe ou indirecte sur le degré de toxicité de ces éléments.

Une synthèse bibliographique sur les métaux lourds et leur bioaccumulation par les poissons est nécessaire par laquelle nous avons entamé ce mémoire et qui fait l'objet du premier chapitre.

Le second chapitre sera rapporté à une description de la zone d'étude (barrage de Beni Haroun) et à une étude expérimentale.

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation des résultats obtenus et à leurs interprétations.

Le quatrième chapitre sera rapporté à la discussion des résultats.

En fin, le travail sera clôturé par une conclusion générale.

Synthèse bibliographique

I. métaux lourds :

I.1. Généralité :

Un métal est un élément chimique, issu le plus souvent d'une minéralité dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combine aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'Antiquité (El Morhit, 2005).

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 g/cm³ (Rida, 2000).

Quarante et un métaux correspondent à cette définition auxquels il faut ajouter cinq métalloïdes. Cependant il s'agit d'une appellation courante, qui n'a ni fondement scientifique ni juridique, et est discutable car certains métaux ne sont pas particulièrement lourds comme le zinc (Descamps et al., 2006) Tandis que certains éléments toxiques ne sont pas tous des métaux (l'arsenic par exemple). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préférant l'appellation métaux lourds, l'appellation "éléments en traces métalliques" -ETM- ou par extension "éléments traces" (Kucuksezgin et al., 2008).

L'Organisation mondiale de la Santé désigne sous le nom métaux lourds, tous les métaux présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement (Adriano, 2001).

I.2. Classification des métaux lourds :

Du point de vue biologique il est important de différencier les ETM qui sont essentiels à la vie de ceux qui ne le sont pas ou dont on ne connaît pas de propriétés vitales pour au moins une catégorie d'organismes (Errahmani, 2009).

Le fait qu'un métal soit essentiel ou non, dépend de sa participation ou non à des réactions biochimiques dans l'organisme correspondant (El Morhit, 2005).

I.2.1. ETM essentiels :

Sont nécessaires au fonctionnement normal des plantes et des animaux en participant à des réactions biochimiques dans l'organisme, ils sont appelés oligo-éléments telle que : le bore,

le chrome le zinc et le fer. Ils ont un comportement diversifié (Jackson, 1980, Bliefert, Perraud, 2008)

I.2.2. ETM non essentiels :

Ces ETM 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 ETM ont souvent un effet toxique tel que : le plomb, le cadmium, et le mercure (Ramade , 2002).

I.3. Propriétés physicochimiques des métaux lourds :

I.3.1.Solubilité

La solubilité des métaux lourds dépend de l'élément, des conditions chimique de la phase aqueuse (PH, potentiel d'oxydoréduction, concentration en ligands), et des phases solides environnantes (Casas , 2005).

L'hydro solubilité de nombreux métaux est fortement accrue par l'acidité (Noppe , 2000).

I.3.2. Volatilité :

La volatilité a influe sur la libération par évaporation naturelle des métaux infiltré dans les sols (Serpaud et al.,1994). D'une façon générale, les métaux sont considérés comme non volatils sauf le mercure dont le point d'ébullition est de 357c à une pression de 101 pka. (Descamps , 2006).

I.3.3. Persistance :

Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés ni biologiquement ni chimiquement et ne sont jamais éliminés, et ils s'accumulent dans les sédiments et les animaux aquatiques (Koller , 2009). Dans l'environnement, un composé métallique peut seulement être transformé en d'autres composés ; (par exemple la méthylation du mercure) ou immobilisé (par exemple la précipitation de $PbSO_4$) (El morhit et al., 2009).

I.4. Sources des métaux lourds :

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles (Zeggar, 2002),l'activité humaine favorise leur mobilité et leur dispersion dans les différents compartiments de l'environnement (Boucheseiche ,2002).

I.4.1. Sources naturelles :

Parmi les importantes sources naturelles, citons :

- l'activité volcanique ; La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (Hammi , 2010).
- L'altération des continents et les incendies des forêts (Ramade , 2002).

- L'altération et le lessivage des roches terrestres contenant les métaux sous forme de trace.
- Les sources hydrothermales
- La dégradation de la matière organique (végétale, animale et fossile) contenant les métaux trace en concentration plus ou moins faibles (El Abidi ,2000).

I.4.2.sources anthropiques :

L'activité humaine n'a apporté aucun changement dans les volumes des 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...) (Kucuksezgin , 2008).

Les sources anthropogènes sont les suivantes:

- Effluents industriels et extractions minières.
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets.
- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations)
- Activités agricoles (Gouy , 2003).

I.5.Devenir des métaux lourds dans l'environnement :

I.5.1. Dans l'air :

Les métaux lourds se dispersent dans les hautes couches de l'atmosphère et retombent ailleurs, après un transport sur de très longues distances. Les métaux lourds dans l'air peuvent s'exister principalement sous deux formes :

- soit sous forme gazeuse.
- soit sous forme de composés métalliques solides.

Les métaux lourds sont transportés par des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, véhicules (Errahmani , 2009).

I.5.2. Dans le sol :

Les précipitations et l'irrigation sont les principales sources d'eau des sols. Une partie est évacuée par évaporation ou ruissellement de surface. Une partie pénètre dans le sol et se

dirige alors soit vers les racines des plantes, soit, par gravité, vers les horizons profonds et les nappes phréatiques. Au cours de ces transports, l'eau se charge en éléments en traces dissous.

La variable déterminante de cette répartition est le degré de solubilité du métal.

- Si le métal est soluble, il va passer dans les nappes ou dans la plante.
- S'il est insoluble, il va rester dans le sol (Colin ., 2004).

I.5.3. Dans les écosystèmes aquatiques :

I.5.3.1. Forme des ETM dans l'eau :

Une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les ETM se répartissent entre ses différents compartiments (l'eau, les solides en suspension, les sédiments, et le biote (El morhit et al., 2010)). Les ETM présent dans l'environnement aquatique peuvent exister en deux phases :

(figure 01)

I.5.3.1.1. En phase particulaire :

Les ETM se présentent sous forme : d'espèce adsorbés plus ou moins fortement par une phase solide (matière en suspension), d'éléments intégrés dans un réseau cristallin, d'éléments métabolisés sous forme inorganique ou d'organométalliques (Jérôme., Petit., 2006).

5.3.1.2. En phase dissoute :

Les ETM peuvent être sous forme d'ions libres hydratés, complexés avec des ligands inorganique ou organiques ou d'organométalliques L'influence d'un ETM sur l'environnement n'est pas la même selon qu'il se présente sous forme cationique hydraté, sous forme d'un complexe organométallique ou minérale. Cependant pour la majorité des ETM(en particulier Cd, Cu, Zn, Pb) c'est la forme ionique hydraté qui semble la plus préjudiciable pour les organismes vivants (Devallois .,2006).

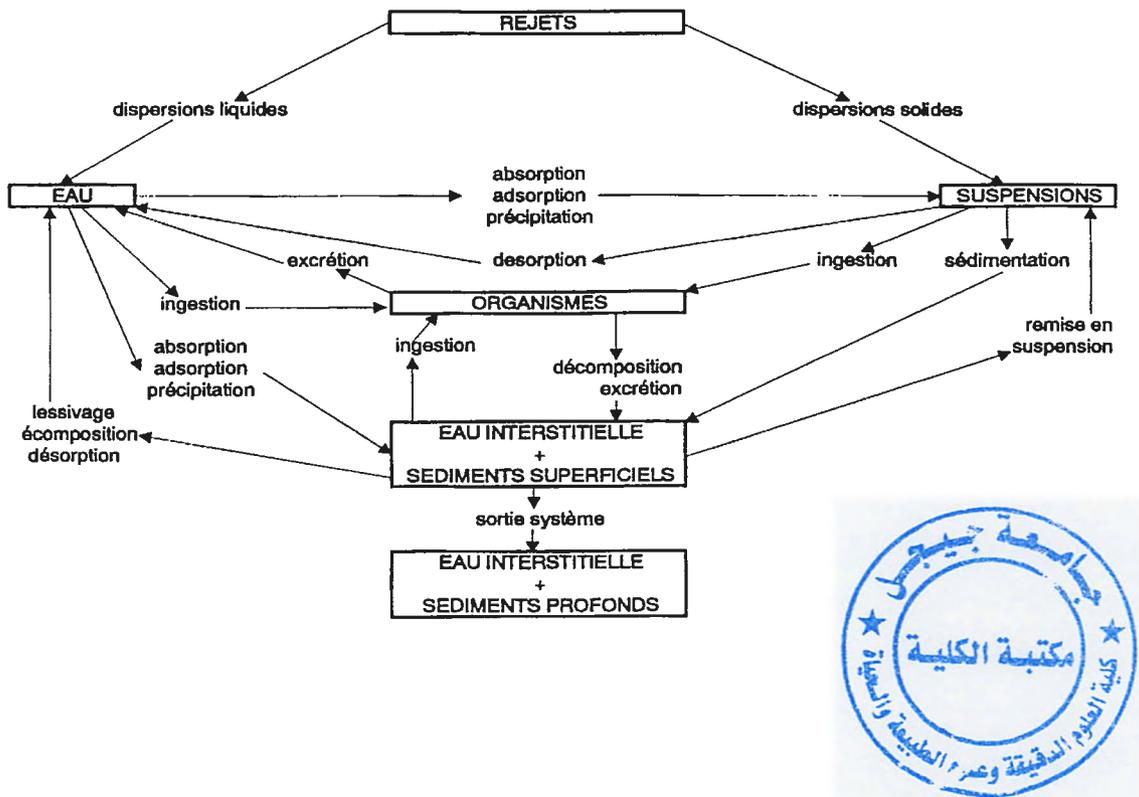


Figure 01 : schéma représentant le comportement des métaux rejetés dans les courants d'eau d'après Marchandise et Robbe

I.5.3.2. Influence des paramètres physicochimiques :

I.5.3.2.1. Température :

La température peut intervenir directement en facilitant, lorsque elle s'élève la dissolution des composés de l'élément (Descamps et al., 2006) ou indirectement en stimulant la biodégradation de la matière organique et donc la production des substances acides ou complexant (Ramade., 2006).

I.5.3.2.2. pH :

Le pH revêt une importance toute particulière d'une part sur les processus d'adsorption et d'autre part sur la spéciation des métaux lourds en phase dissoute. Ainsi le pH acide

entraîne, la mise en solution des sels métalliques et la mise en solution des phases de rétention, la désorption des cations et l'adsorption des anions. Inversement l'augmentation du pH provoque l'immobilisation par formation des composées ou accroissement de la capacité d'échange cationique (**Jérôme ., Petit ., 2006**).

I.5.3.2.3. Influence des conditions d'oxydoréduction :

Les conditions d'oxydoréduction peuvent influencer le comportement des éléments traces métalliques soit directement en jouant sur la valence d'élément, ou indirectement par son influence directe sur les phases piégeantes. Ainsi en conditions réductrices, les sulfates sont réduites en sulfure qui piègent volontiers les éléments traces calciphiles tel que, Fe, Zn, Pb, Cd (**Gouy ., Roulier ., 2003**).

I.5.3.2.4. Force ionique :

Plus la force ionique est élevée, moins le nombre des réactions de complexation de surface intervenant entre les espèces métalliques en solution et les groupes fonctionnels à la surface des particules est important (**Kucuksezgin ., 2008**), en particulier les liaisons d'adsorption physique qui sont basées sur les interactions électrostatiques sont plus sensibles à la force ionique que les liaisons d'adsorption chimique (**Boucheseiche ., 2002**).

I.5.3.2.5. Action des micro-organismes :

L'action des micro-organismes peut aller dans le sens de la solubilisation (production d'acide et de composés complexant.....etc.), ou l'insolubilisation (formation de sulfures métalliques insolubles, bioaccumulation ou biosorption par les microorganismes) des métaux lourds (**Descamps et al., 2006**).

I.5.4. Dans les sédiments :

Dans la plupart des systèmes aquatiques, les sédiments contiennent significativement plus de métaux lourds que l'eau et ils jouent un grand rôle dans le cycle hydrologique. C'est pourquoi l'analyse des métaux lourds est un outil de détermination de la qualité de l'eau (**Boukrah ., 2008**).

Pour ces derniers, les formes majeures sont adsorbées sur les particules minérales par des interactions ioniques ou liées à la matière organique formant ainsi des complexes métalliques par l'intermédiaire de liaisons covalentes. De plus, l'adsorption, le relargage et la transformation chimique dépend de l'origine des substances et des conditions environnementales (pH, potentiel redox ...), par exemple : l'acidification (pH 5) conduit à la solubilisation de Fe, Mn, Al et d'autres métaux.

Par contre, quelques éléments (Pb) forment des sulfates insolubles à faible pH et faible condition redox, car la solubilité des sulfates est inversement proportionnelle au pH (Gouy Roulier.,2003).

De plus, l'augmentation du pH favorise l'adsorption métallique sur la fraction réductible des sédiments (oxydes de fer et de manganèse) (Noppe .,2000).

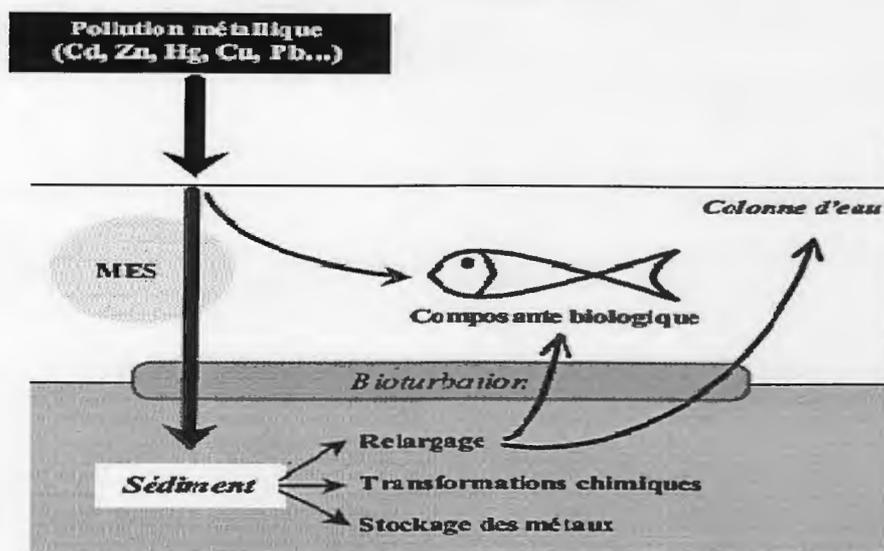


Figure 02 : importance des sédiments dans l'écosystème aquatique (Hoss et al., 2001)

I.6. Biodisponibilité des métaux lourds :

La biodisponibilité se définit comme la propriété d'un élément ou d'une substance d'atteindre les membranes cellulaires des organismes vivants. Il s'agit d'un des paramètres essentiels de la toxicité car un changement de la biodisponibilité d'un polluant équivaut à un changement de toxicité, donc elle joue un rôle très important dans la nocivité réelle d'un élément métal ou métalloïde contaminant les eaux et les sols (Rida ., 2000).

La biodisponibilité représente le statut physique (adsorbé, solubilisé) ou chimique (complexé, ionisé) dans lequel se trouve un métal qui conditionne son écotoxicité. Un métal bio disponible est un polluant auquel les organismes sont exposés. Au contraire, un métal non bio disponible est un polluant auquel les individus ne sont pas exposés.

Si nous prenons l'exemple du plomb (Pb) fixé dans les sédiments, il est, sous cette forme, non toxique pour les organismes qui vivent dans les sédiments car il n'est pas biodisponible. A l'inverse, le Pb en solution dans les sédiments est toxique car biodisponible pour les organismes des sédiments (figure03) (Lagadic et al., 1998).

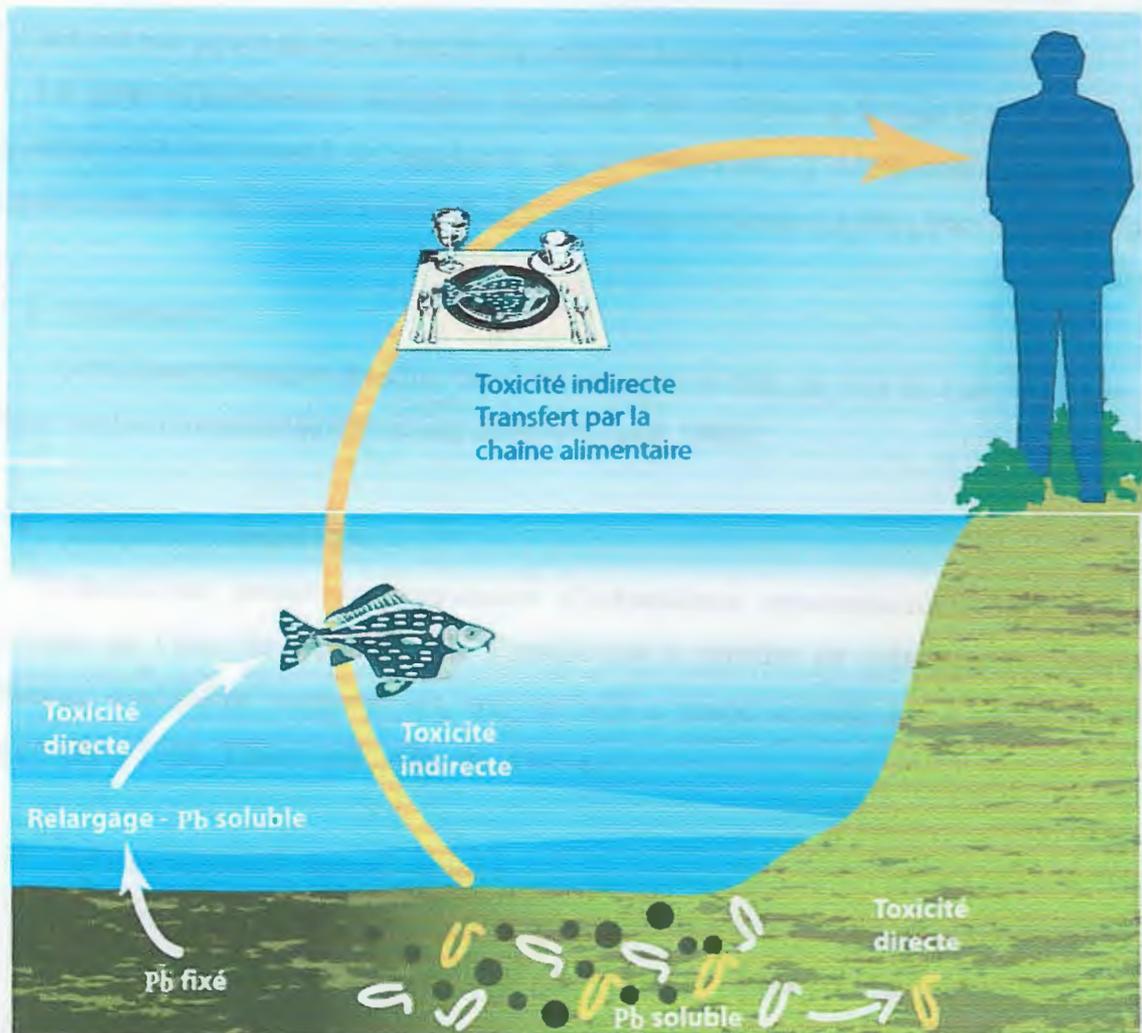


Figure 03: la biodisponibilité paramètre essentiel de la toxicité (Lagadic et al.,1998).

➤ **Capture ou collecte aisée :**

Actuellement les prélèvements de poisson sont principalement effectués par pêche électrique, assurant à la fois faciliter de mise en œuvre et faible cout (**Chevreuil., Allardi.,1995**).

En conclusion, il est nécessaire de connaître la biologie des poissons ; pour Keck G(1995). « l'étude hydrobiologie est un préalable indispensable aux recherches portant sur les contamination chimiques des cours d'eau », le choix des espèces doit dépendre du milieu étudié et des éléments mesurés (**Girard .,1998., Paramelle .,1996**).

II.2.Mécanismes et devenir des métaux lourds chez les poissons :

Les substances toxiques, qui pénètrent au niveau des branchies, se répandent aussitôt dans tout le corps et peuvent donner lieu à des empoisonnements rapides. Les reins contribuent à l'élimination des toxiques présents dans le sang. Les polluants peuvent cependant être stockés dans l'organisme et généralement dans le foie (**Vernet.,1992., Katemo ., 1998**).

Les métaux possèdent des affinités avec certaines molécules de l'organisme des poissons telles que les métalloprotéines et sont moins lipophiles que les composés organiques de synthèse (**Vernet ., 1992**).

Il existe cinq phases ; qui sont ; absorption ; distribution, biotransformation, stockage et d'élimination (figure 04).

II.2.1. Pénétration :

➤ **Voie directe, bronchiale ou cutanée :**

Les branchies sont semi-perméables, le poisson est alors soumis au phénomène d'osmose qui se traduit en eau douce par une entrée continue de d'eau (**Garric ,1994**).

Le dosage des métaux lourds dans les branchies va donner un aperçu de l'absorption direct a partir de l'eau au moins en ce qui concerne Cr, Cr, Ni ; Zn. A coté une quantité relativement plus restreinte de micropolluants va pénétrer à travers la peau (**Vindimian ., Garric .,1993**).

La voie branchiale et la voie préférentielle pour les métaux lourds, entre autre via les cellules à chlorure pour le cadmium (**Dehaine ,1992**).

➤ **Voie digestive :**

La particularité des poissons d'eau douce comparativement aux poissons marins est qu'ils boivent très peu. La voie digestive intègre ici essentiellement la prise d'aliments ou de proies contaminées (**Dehaine ,1992**).

II.2.2. Métabolisme et détoxification :

Par comparaison aux mammifères, la métabolisation des toxiques chez les poissons est très faible. Quand elle est possible, elle aboutit soit à des produits excrétés, soit à des intermédiaires parfois encore plus toxiques que le composé initial (**Vindimian ., Garric ., 1993**).

Dans les mécanismes de détoxification, on note tout d'abord la présence d'épaisseurs et de surfaces de barrière, spatiales ou temporales, représentées par la peau, les muqueuses, le mucus ; la voie sanguine, les transporteurs et ligands que sont les métalloprotéines et les métallothionines permettent d'acheminer les métaux vers les sites de stockage et d'élimination (**Garric .,1994**).

II.2.3. Stockage et élimination :

Si encore une fois les variations spécifiques doivent être soulignées, les métaux lourds se retrouvent un peu partout dans le corps des poissons mais préférentiellement dans le foie et les reins (Pb , Cd , Hg) puis les muscles et certains au niveau branchial .

Les composés organiques, affins pour les tissus gras, montrent une localisation hépatique, dans les graisses ainsi que les gonades, mais relativement peu dans le cerveau (sauf méthylmercure) (**Vindimian ., Garric .,1993., Dehaine .,1992**).

L'élimination est classiquement rénale, branchiale et digestive, sans oublier la ponte (**Garric, 1994**). Les molécules lipophiles s'accumulent telles quelles dans les graisses et sont remobilisés lors de l'utilisation de ces réserves, vers les organes excréteurs mais aussi le système nerveux central (**Vindimian ., Garric ., 1993 ., Dehaine .,1992**).

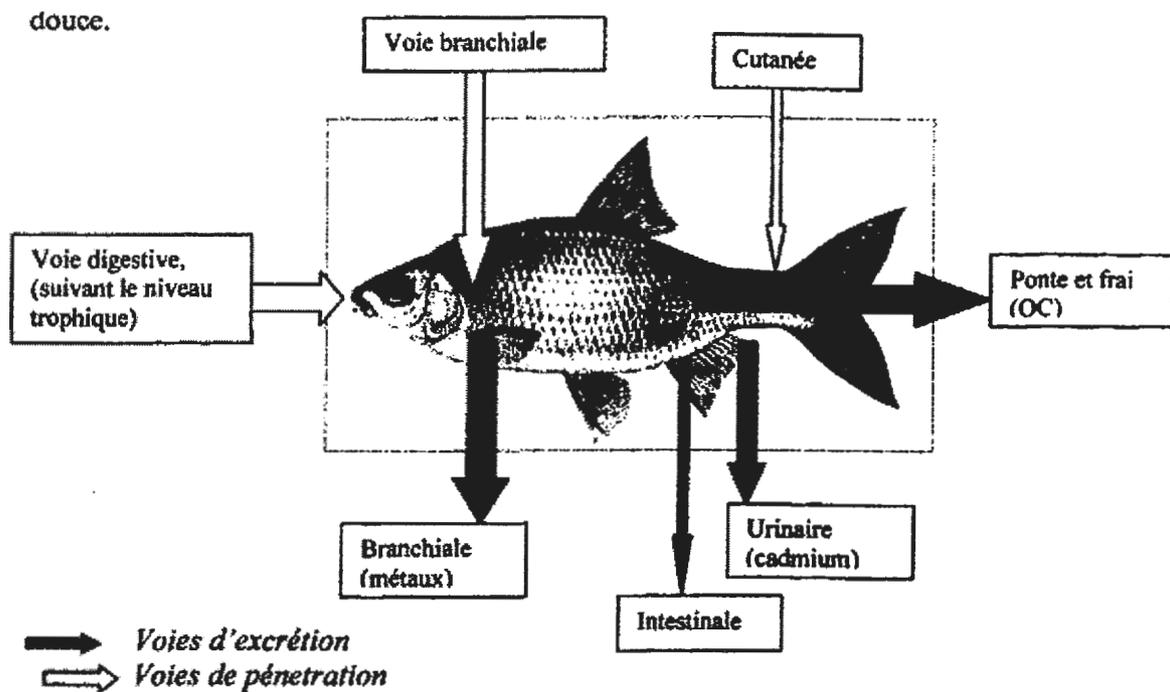


Figure04: voies de pénétration et d'excrétion chez les poissons d'eau douce (Garric , 1994).

II.3. Bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons :

II.3.1. 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'un élément par voie directe et alimentaire par les espèces aquatiques ou terrestres (Ramade , 1998).

Une étude récente sur la bioaccumulation des métaux lourds dans les organes cibles de trois espèces du poisson : *Cyprinus carpio* , *Carassius auratus* et *nobilis d'Aristichthy* , dans le lac de Thaihu en chine, a montré que le taux de bioaccumulation des métaux varie significativement d'un organe à l'autre ;le rein et le foie présentent un coefficient plus élevé par rapport aux muscles et à la vessie natatoire. Cette étude a relevé un taux du cancer élevé chez les habitants consommateurs des poissons contaminé du lac (Chen et al ,1999).

II.3.2. Bioconcentration :

Est un cas particulier de bioaccumulation. Phénomène par lequel des êtres vivants absorbent des substances naturellement présentes dans leur organisme à des concentrations supérieures à celles auxquelles elles se rencontrent dans le milieu naturel (Ramade ,2000).

II.3.3. Bioamplification :

Est le processus par lequel le prédateur concentre une substance(ou un élément) à un niveau supérieur à celui où il se trouve dans la proie (**Ramade ,1998**).

Les poissons de petite taille et le zooplancton consomment de grandes quantités de phytoplancton. C'est ainsi que tout produit chimique toxique accumulé par le phytoplancton se concentre encore dans l'organisme des animaux qui se nourrissent de ce phytoplancton. Ce processus se répète à chaque étape de la chaîne trophique. Ce processus d'accroissement de la concentration, en remontant la chaîne trophique (**Ramade , 1992**).

➤ **Facteur de concentration (FBC) :**

FBC = teneur du métal dans l'organe humide (mg /kg) / teneur en métal dans l'eau (mg/l)

Exemple : le BCF dans les poissons est de plusieurs milliers, voire de plusieurs dizaines de milliers pour les mollusques et les invertébrés (**Girard , 1998**).

II.3.4.Facteurs influençant la bioaccumulation :

La concentration en métal dans un organisme est commandée par l'équilibre entre la prise et l'élimination. L'accumulation des métaux dans les tissus des poissons dépend principalement des concentrations ambiantes en eau, au niveau des proies ou d'alimentation, et de la cinétique chimique de prise et d'élimination. D'autres facteurs tels que la température de l'eau, le pH, la forme chimique du métal, la dureté et l'alcalinité de l'eau, et ses possibilités de fixation par les sédiments. Aussi bien que le cycle de croissance de poissons, âge, sexe, et position trophique, peuvent également influencer l'ampleur de l'accumulation en métal dans les poissons (**Allardi ,2001**).

II.3.4.1. Température de l'eau :

Une élévation de température agit directement en augmentant le métabolisme des poissons provoquant une hausse de consommation d'oxygène, donc une plus grande pénétration des toxiques. Cette influence de la température est plus ou moins importante selon le métal considéré (**Kidwell et al., 1995**).

II.3.4.2. Fixation des métaux par les sédiments :

Bonne corrélation entre les teneurs en métaux lourds dans les organismes et celles des sédiments (**Kidwell et al., 1995.,Allardi .,2001**).

II.3.4.3. Sexe du poisson :

Dans la plupart des études, femelle et mâle d'une même espèce contiennent des quantités métalliques relativement identiques. Cependant, des différences existent parfois et sont probablement liées à la période du début de la reproduction, car les femelles consomment plus de nourriture et accumulent des réserves adipeuses à cette période (Kidwell *et al.*,1995).

II.4. Impact toxicologique :

II.4.1. Effets des métaux lourds dans les milieux aquatiques :

À une concentration plus élevée que la normale, les métaux lourds peuvent entraîner des nuisances plus ou moins graves pour la faune et la flore (Miquel , 2001).

On distingue deux types de toxicité: la toxicité aiguë et la toxicité chronique. La première se manifeste après une exposition très courte à une concentration élevée de substance toxique. de ce fait, cette exposition entraîne généralement la mort de l'organisme exposé.

La seconde se manifeste après une exposition longue à une concentration faible de la substance toxique. La substance peut exprimer sa toxicité de différentes façons. Elle peut se bioaccumuler dans les tissus de l'organisme. Après un temps de latence suffisamment long, la concentration accumulée dépasse le seuil de toxicité chronique et les effets toxiques s'expriment (retard du développement des embryons, des malformations et une moins bonne croissance des adultes chez les poissons, les mollusques..., l'affaiblissement sérieux dans les systèmes métaboliques, physiologiques et structurels des organismes aquatiques).

La substance peut également provoquer à de faibles concentrations de légers symptômes. Lorsque ces symptômes se prolongent dans le temps, ils entraînent un dysfonctionnement de l'organisme beaucoup plus important (figure05) (Kakkar ., Jaffery ., 2005).

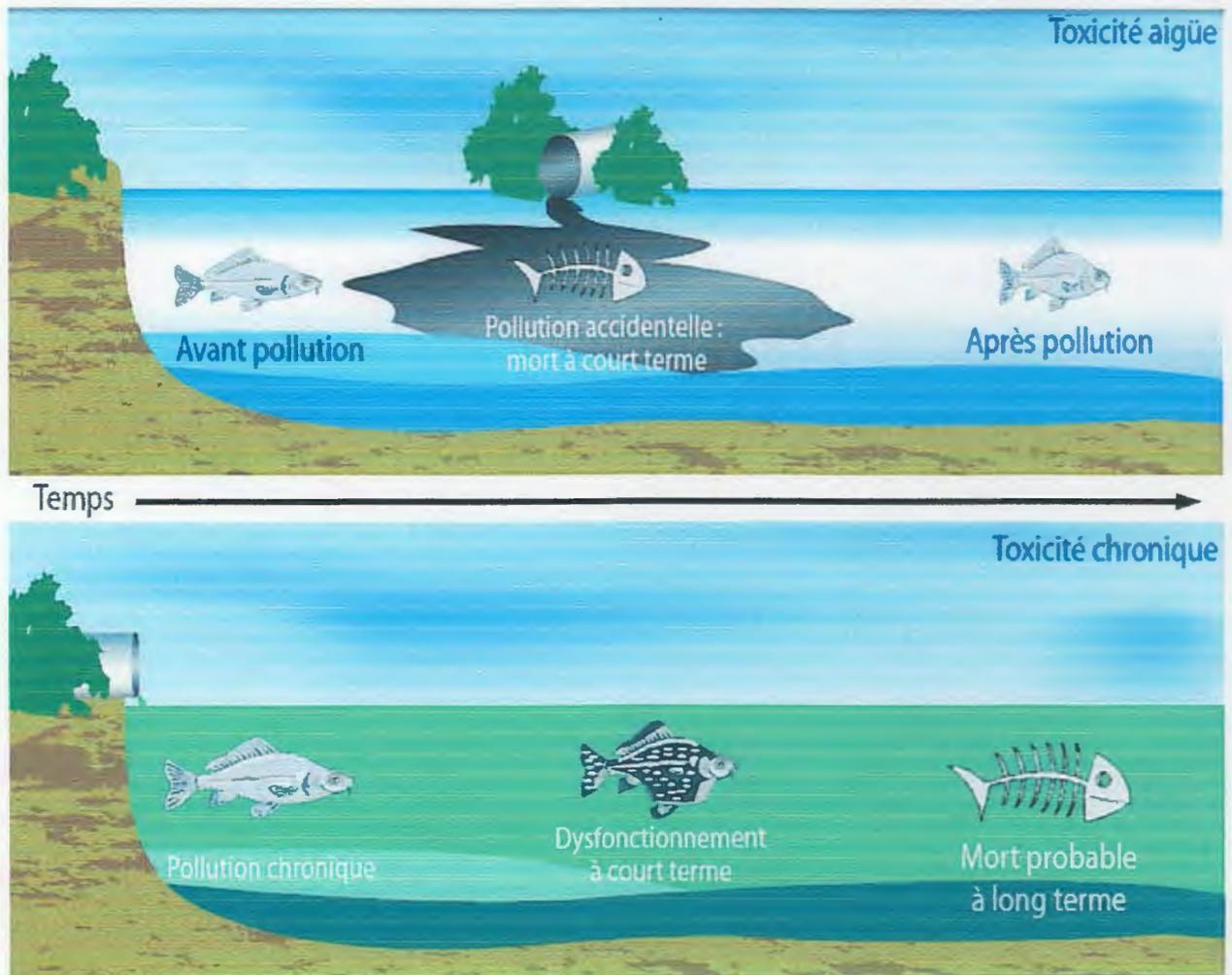
2
17
2

Figure05 : Pollution chronique ou aigüe : une toxicité différente (**Kakkar ., Jaffery ., 2005**).

II.4.2. Effets sur la santé humaine:

Une exposition permanente à des petites doses de métaux lourds peut déclencher de nombreuses réactions chez l'être humain. Parmi les premières se trouvent les maladies cardiovasculaires, telles que la thrombose comme une étude récente de la Corée du Sud a encore une fois pu le démontrer en ce qui concerne le mercure. (**Vernet ,1992**). Il est également été prouvé, par de nombreuses recherches et expériences, que les métaux lourds peuvent contribuer à des pathologies immunologiques telles que la sclérose en plaques ou d'autres défauts du système immunitaire (inflammations chroniques, effets immunosuppresseurs, allergies)(**Kakkar., Jaffery .,2005**). Ils ont aussi tendance à perturber les systèmes reproducteur et endocrinien et avoir des effets cytotoxiques (effets destructeurs sur les cellules). Des effets neurotoxiques surviennent directement quand les métaux lourds franchissent la barrière encéphalique, provoquant des atteintes du

1

ystème nerveux central telles que les maladies de Parkinson et d'Alzheimer et, chez le fœtus, un dérèglement du développement cérébral (Vernet., 1992., Kakkar ., Jaffery ., 2005).

Une maladie qui, en français, est même nommée d'après un métal lourd, en raison du lien qu'elle présente avec lui, est le saturnisme, correspondant à une intoxication aiguë ou chronique par le plomb.

En France, par exemple, un certain nombre d'enfants étaient encore ces dernières années intoxiqués par le plomb, qui se trouve dans les peintures anciennes : 213 nouveaux cas de saturnisme ont été détectés en 2007, dont 116 chez des enfants de moins de 6 ans (Pichard et al., 2003., Khassouani et al., 1997).

- L'exposition à des métaux pourrait également causer le cancer ou sont susceptibles d'être mortels pour l'homme a forte concentration (Chiffolleau .,2001.,Nollet .,1996).

III .1.3.2. Effets écologiques :

Toxicité aigue sur les organismes à partir de 0,1mg/l ; Il se concentre de plus le long de la chaine alimentaire (Kakkar , 2005).

III.2.Cadmium (Cd) :

III .2.1. Généralité :

Cadmium :Un métal bleuté, mou et malléable de couleur argentée avec des teintes de bleu, lustré, sa densité est 8.65g/cm³ et son point de fusion est de 321°C. (Bliefert , 2003).L'état le plus stable dans la nature est le Cd (+2) qui permet une importante bio accumulation Il ternit au contact de l'air et réagit avec les acides et les bases (Khassouani .,2000 .,Ramade. ,2000).

III .2.2. Origine :

Présence naturelle sur l'écorce terrestre (dans les minerais de zinc, de plomb)(Chiffolleau ,2001).

-Les industries d'extraction et de raffinage du cadmium, les fonderies, etc.

- Métallurgie du zinc, du plomb (Pichard ,2005).

- Présence a l'état d'impuretés dans les engrais chimiques et le superphosphate (Bliefert et al., 2003).

III .2.3. Toxicité :

III .2.3.1. Effet sur l'homme :

➤ Toxicité aiguë due au Cd :

Atteintes rénales (néphrite), trouble digestifs, hypertension artérielle (Gaujous , 2003).

➤ Toxicité chronique due au Cd

Engendrent l'accumulation du cadmium dans les reins et l'augmentation du risque de cancérogénicité des sels de cadmium) (Annabi , 2008).

III .2.3.2. Effets écologiques :

Le cadmium (cd) est considéré l'un des métaux lourds le plus toxique que se soit dissous dans l'eau ou le dépôt en sédiment constitue a source de contamination pour la diverse chaîne alimentaire aquatique (Chiffolleau , 2001).

(Toxicité aigüe sur les organismes supérieurs et les algues à partir de 0.1mg/l) (Das , 1997).

Matériel et méthode

I. Présentation de la zone d'étude :

I.1. délimitation du barrage :

Le barrage de Beni Haroun est situé au Nord ouest de la région d'Elgrarem wilaya de Mila, à une quarantaine de kilomètres au nord de Constantine et une distance équivalente par rapport à l'embouchure de Oued Kebir. (Mer Méditerranée) .Sa mise en eau a commencé en aout 2003 et se poursuit lentement par étape jusqu' à ce jour.

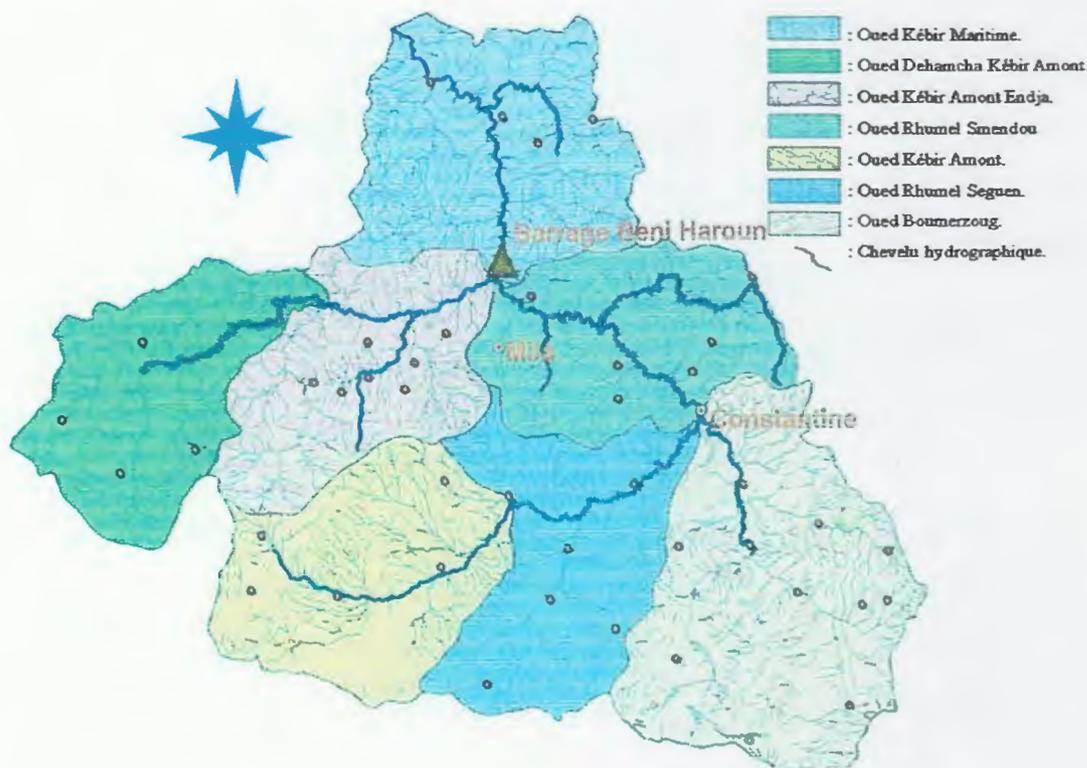


Figure 06 : localisation de barrage Beni Haroun (A.N.B.T , 2012)

I.2. L'hydrographie de la région d'étude :

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

Le bassin versant Kebir-Rhumel se caractérise par un réseau hydrographique assez dense formé essentiellement de deux grandes sous bassins

Le sous bassin de Rhumel (170 km), drainant une superficie de 5315 Km², prend sa source vers 1160 m dans les marges méridionales du tell, au nord ouest de Blaa, il traverse les hautes plaines constantinois, avec une orientation sud ouest, nord est jusqu'à Constantine. Là il change brusquement de direction et tourne presque à angle droit pour couler en oblique vers le nord –ouest et confluer avec l'Oued Endja aux environs de Sidi-Marouane. Le long de son chemin, Oued Rhumel collecte quelques affluents entres autres : Oued Derki, Oued Athménia, Oued Seguin, Oued Bou-Merzoug, Oued Smendou et Oued El-Ktone.

Le sous bassin de Oued Endja (140 Km) drainant une superficie de 2160 Km² a sa source près de Douar Tassadane situé au nord-ouest de Ferdjioua. Il suit une direction sud ouest à travers les reliefs montagneux du Tell, parallèlement à la chaîne numidique qui le borde au nord. Cet Oued voit grossir son débit régulièrement par l'intermédiaire des affluents de Oued Bouslah, Oued Rama, Oueds (Redjas, Melah et Kebir)(**Mebarki , 1984**).

I.3.Contexte géologique :

Un cours d'eau, siège de transport d'éléments de diverses natures verra ses paramètres physicochimiques fortement influencés par la nature géologique des terrains drainés.

Le bassin versant Kebir-Rhumel est composé de domaines géologiques très différents : le domaine des plaines plio-quaternaires et des horsts calcaires (Hautes Plaines), le bassin néogène à dominance argileuse de Constantine-Mila, le domaine des nappes« Tectoniques » de Djemila (marnes et calcaires-marneux), la dorsale kabyle (calcaires Jurassiques) et les massifs gréseux numidiens et enfin le domaine du socle granitique et Cristallophyllien de la petite Kabylie d'El Milia (**Mebarki , 1984**).

I.4. Climatologie de la zone d'étude :

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : la précipitation météorologiques et la température. (**St. Météorologique du barrage Beni haroun , 2011**).

I.4.1.Précipitations :

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. La région d'étude est considérée parmi les régions arrosées avec une moyenne de l'ordre de 641.5 mm/an.Les précipitations sont également variables et irrégulières d'une année à l'autre.

I.4.2. Température :

Les données utilisées sont apportées de la station météorologique du barrage, les valeurs moyennes sont représentées dans le tableau 04.

Tableau 01: les températures et les précipitations moyennes mensuelles (septembre 2003- janvier 2011) (St. Météorologique du barrage Beni haroun ; 2011).

Mois	jan	fév	mar	Avr	may	jui	jui	aou	sep	oct	nov	Dec
P(mm)	80,6	77,7	82,5	62,3	42,1	12,7	1,4	2,8	45,2	45,1	81,3	122,4
T(C°)	11,07	11,6	13,7	16,98	21,15	24,83	28,92	29,18	22,2	23,92	19,64	14,38

I.4.3. Diagramme Ombro-thermique :

L’analyse de deux paramètres climatiques (précipitations et température) permet de tracer la courbe ombro-thermique de Gaussen qui met en évidence deux périodes :

-L’une de sécheresse : s’étale du mois du mai au mois de septembre.

-Et l’autre humide : s’étale du mois d’octobre au mois de mai.

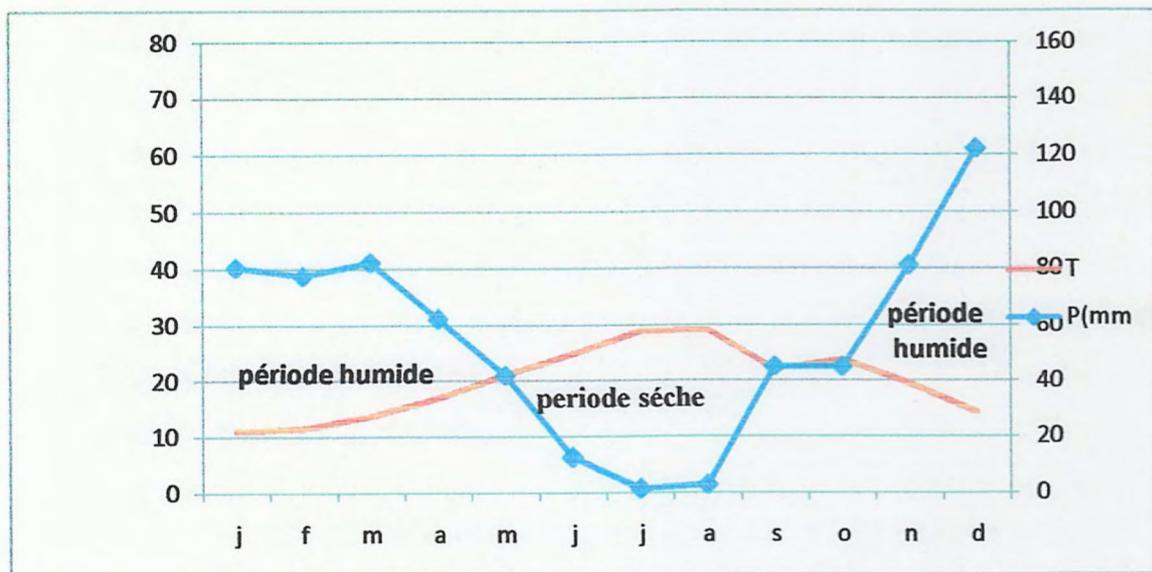


Figure 07: diagramme ombro-thermique du Gaussen. P : précipitations mensuelles. T : températures mensuelles.

II. Description du barrage :

Le barrage Beni Haroun est considéré comme l'un des plus grands projets réalisés à ce jour sur le plan national. Situé au cœur d'un grand complexe hydraulique est conçu en BCR (Béton compact roulé). Sur le plan technique, il atteint les 120 m de hauteur à partir de la fondation, une longueur de 710 m en crête, avec une capacité de retenue normale de 960 millions de m³ /an. Son bassin versant est estimé à 7725 Km², et sera d'un apport annuel moyen d'environ 730 m³/an avec un volume régularisé de 435 millions de m³/an. (Figure 10 et 11). (A.N.B.T, 2012).



Figure 08 : Vue aval du barrage de Beni Haroun.



Figure 09 : Vue amont du barrage Beni Haroun..

III. Identification des sources de pollution :

III.1. Décharges publiques :

Les décharges sauvages qui se trouvent dans la quasi-totalité des communes, sachant que, à elles seules, les décharges incontrôlées de Ferdjioua, Chelghoum Laïd et Mila reçoivent respectivement en moyenne 10, 30 et 40 t de déchets domestiques par jour. Et comme tous les déchets urbains de toutes les villes et agglomérations, ceux-là sont rejetés dans des décharges non contrôlées situées dans le bassin versant du barrage de Beni Haroun. C'est une lapalissade de conclure que durant la période hivernale et les fortes précipitations, se produit le phénomène du lessivage, d'où une quantité très importante du « lexivia » qui est véhiculée à travers le ruissellement vers la cuvette.



Figure10 : déchets lessivés par les eaux.

III.2. Eaux usées domestiques :

La totalité des eaux usées des agglomérations longeant Oued Rhumel et Oued Kébir, les deux principaux Oueds de la wilaya de Mila, alimente le barrage de Beni Haroun. De Belaâ (dans la région de Bir El Arch) où il prend naissance, en passant par Tadjenanet, Oued Seguène, Constantine, Mila et Grarem, Oued Rhumel charrie dans son cours des eaux usées qu'il achemine vers la cuvette du barrage de Beni Haroun. Les eaux usées de Constantine sont canalisées vers la station d'épuration (STEP) située à Ibn Ziad dans une proportion de 50 à 60 %.

Le second Oued alimentant la cuvette du barrage, soit Oued Kébir, traverse toutes les localités de Ferdjioua, Ahmed Rachedi, Redjas, Zeghaïa et Sidi Merouane pour acheminer les eaux usées vers ce gigantesque projet hydraulique, d'où son influence sur la qualité des eaux du barrage.



Figure11 : Eaux usées domestique évacuées vers le barrage.

III.3.Eaux usées industrielles :

Les effluents les plus importants sont localisés dans un rayon de 20 km de la ville de Constantine. Il s'agit des rejets (en partie traités) des industries de construction mécanique de Oued Hamimime et d'Ain Smara ainsi que ceux générés par les unités de textiles et de produits laitiers de Constantine, par le complexe tabagique et le dépôt d'hydrocarbures d'El Khroub, par la cimenterie du Hamma, par les unités de matériaux de construction et autres P.M.I. Ils ont pour milieux récepteurs, l'Oued Rhumel et son principal affluent, Bou Merzoug.

Les industries localisées autour des agglomérations d'Ain El Kébira (cimenterie, unité boulonnerie), de Mila (briqueterie, vaissellerie) de Ferjioua (matériel électroménager, minoterie) et de Chelghoum Laid (détergents) génèrent également des rejets non négligeables.

III.4. Agriculture :

La forte activité agricole qui se développe dans le bassin versant du barrage Beni Haroun (la superficie agricole représente 68 % de la surface totale) est susceptible d'entraîner

de nombreux polluants (métaux lourds, éléments nutritifs ...) vers la retenue du barrage Beni Haroun à cause de l'utilisation intensive des engrais chimiques et des pesticides

IV. Intérêt socioéconomique :

Selon les responsables de l'Agence Nationale des Barrages, la ressource mobilisée par le barrage, est en mesure de faire face aux besoins d'alimentation en eau potable et industrielle, à l'horizon 2030, de plusieurs wilayat de la région (Mila, Constantine, Oum El Bouaghi, Batna, Khenchela et également El Milia dans la wilaya Jijel, intégrée dans le cadre de la future connexion du barrage de Boussiaba au système d'aménagement de Beni Haroun). Elle permet, par ailleurs, de fournir un surplus pour l'équipement de nouveaux périmètres d'irrigation dans les Hautes plaines Sud-constantinoises (Teleghma, Chemora, Touffana-Remila et Batna-Ain Touta), d'une superficie totale d'environ 40 000 Ha. (A.N.B.T , 2012).

V. Prélèvements :

➤ Choix des stations de prélèvement :

Dans le cadre du suivi de l'état de contamination du barrage de Beni Haroun, les stations de prélèvement ont été choisies en fonction des sources de pollution possibles

-Station 01 : se trouve au niveau de l'estuaire d'oued Kebir(figure 12)

-Station 02 : se trouve au niveau de Sidi Merouane(figure 13)

-Station 03 : située au niveau d'oued Mila. (figure 14)

-Station 04 : située au niveau Sibarie. (figure 15)

-Station 05 : située à coté de la digue (figure 16)



Figure 12 : Station 1



Figure 13 : Station 2



Figure 14 : Station 3



Figure 15 : Station 4



Figure 16 : Station 5

V.1. Prélèvement de l'eau :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau, qu'il est en outre impossible de refaire, est donc une opération délicate à laquelle il faut apporter le plus grand soin. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (Rodier J ,2005).

V.1.1. Compagnes de prélèvement :

Les échantillons analysés au cours de notre étude sont le résultat d'une campagne d'échantillonnage durant le mois du mai (17/05/2012).

V.1.2. Flaconnage de prélèvement :

Avant l'utilisation, tout matériel susceptible d'entrer en contact avec l'échantillon doit faire une attention particulière l'emploi de flacons fermés hermétiquement et préalablement décontaminés suivant les protocoles décrits ci-dessous.

Pour le dosage des éléments traces métalliques, les flacons sont rincés à l'acide nitrique 10 %, puis rincés à l'eau distillée (Chellé et al., 2005., Rodier J., 2005).

V.1.3. Prélèvement manuel sur le terrain :

Dans le cadre d'un prélèvement manuel, chaque flaconnage nettoyé comme précisé ci-dessus ; a été débouché lors de l'échantillonnage et plongé à une certaine distance du fond et de la surface assez loin des rives, et en dehors des zones morte. Il a été rincé plusieurs fois avec l'eau d'échantillon de façon à conserver certaine représentativité de l'échantillon. Le prélèvement est effectué en immersion complète, en limitant la présence d'air afin de limiter au maximum les contaminations d'une part et l'évolution des échantillons d'autre part. (Agence de l'eau de Loire Bretagne , 2003).

V.2. Prélèvements des sédiments :

Les sédiments sont un compartiment intégrateur des contaminants qui affectent le milieu aquatique . (RNO, 2005). Certains polluants sont présents en très faible concentration dans l'eau tels que les micropolluants métalliques, ils sont de ce fait plus facilement détectables dans les sédiments (Agence de l'eau de Loire Bretagne , 2003).

Les sédiments ont été collectés en utilisant une spatule en plastique préalablement nettoyée aux acides et rincée plusieurs fois par l'eau déminéralisée. Après leur collecte sur le terrain, les échantillons rassemblés ont été stockés dans des récipients de polyéthylène préalablement décontaminés avec HNO₃ (10 %) et rincé avec de l'eau ultra pur.

➤ Transport des échantillons de l'eau et des sédiments :

Tous les échantillons ont été acheminés au laboratoire dans une enceinte (glacière) maintenue à une température égale à 4°C ± 3°C 1 h et 30 min après la fin du prélèvement et mis dans un réfrigérateur. Ceci doit permettre un démarrage de toutes les procédures

analytiques possible dans les 24h et au plus tard 48 heures après la fin du prélèvement (RNO , 2005).

V.3. Prélèvement des poissons :

Les poissons ont été pêchés en utilisant un filet, ils sont transportés au laboratoire dans des boîtes en polyéthylène d'une façon à laisser les poissons vivants.

V.3.1.Choix des espèces étudiés :

Les deux familles qui dominent dans les eaux douces sont : les *salmonidés* et les *cyprinidés* .A notre étude on s'intéresse de la famille des *cyprinidés* ; parmi ses espèces : la carpe et le barbeau

V.3.1.1. Taxonomie des espèces :

V.3.1.1.1. Barbeau (*Barbus barbus*) (Bent .,Muus .,2003)

Tableau 02 : La taxonomie du *Barbus barbus*

Nom commun	Barbeau	
Nom scientifique	<i>Barbus barbus</i>	
Famille	Cyprinidés	
Ordre	Cypriniforme	
Classe	Ostéichtyens	

➤ Comment le reconnaître :

Le barbeau est l'un des poissons courants dans nos rivières .Il a un corps élancé et musclé .Son dos est arrondi et sa partie ventral plate, adaptée à se poser sur le fond. Sa tête trapue se termine par un museau proéminent sous lequel s'ouvre la bouche. Caractéristique de tout poisson fouisseur, c'est-à-dire qui cherche sa nourriture sur le fond .Son corps est recouvert d'un mucus abondant, soyeux au contact.

➤ Caractères propres :

La principale caractéristique du barbeau est le fait qu'il possède deux paires de barbillons : deux courts implantés à l'avant sur la lèvre supérieure et deux long à la

commissure des lèvres .Ces dernières sont épaisses et cartilagineuses. Les dents pharyngiennes, de forme conique avec parfois un sommet crochu, sont disposées sur trois rangs

➤ **Coloration :**

Le dos est gris-vert clair ou brunâtre .Les flancs sont ocrés, le ventre blanchâtre ou gris bleuté. La nageoire caudale est échancrée ; les autres nageoires sont grises ou orangées, sauf en période de frais, ou elles deviennent rouges. Des excroissances perlées appelées bouton de noces apparaissent alors sur la tête et le dos des males.les yeux petites sont axées vers le bas .La ligne latérale, orange sensoriel du poisson, est composée de 55à65 écailles.

➤ **Taille et poids :**

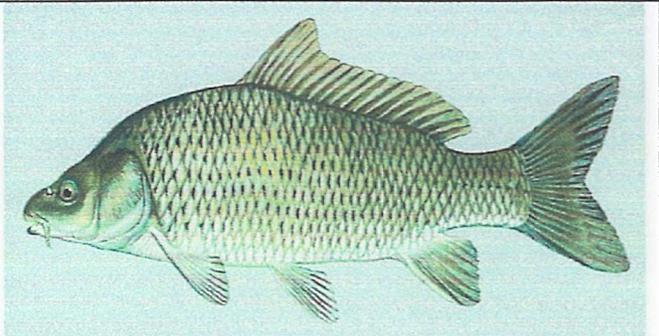
La taille moyenne du barbeau varie de 30 à 50 cm pour un poids moyen de 1 à 3 Kg .Mais les plus gros peuvent atteindre plus de 1m pour 12 Kg environ .De tels spécimens ne sont pas rare, surtout dans les eaux riches en nourriture.

➤ **Alimentation du barbeau :**

Grace a ces barbillons ;le barbeau détecte sa nourriture sur le fond ,dans la végétation aquatique ou sous le graviers et les galets ,qu’ il retourne avec son puissant museau .il mange surtout des vers ,les larves ,des mollusques et des crustacés d eau douce ,et sa préférence va aux insectes aquatiques

V.3.1.1.1. Carpe (*Cyprinus carpio*) : (Bent ., Muus .,2003)

Tableau 03: La taxonomie du *Cyprinus carpio*

Nom commun	Carpe	
Nom scientifique	<i>Cyprinus carpio</i>	
Famille	Cyprinidés	
Ordre	Cypriniforme	
Classe	Ostéichtyens	

➤ **Comment la reconnaître :**

Le corps de la carpe est robuste, massif, musclé et un peu comprimé sur les cotés. Il est très haut, formant presque une gibbosité arrondie .La tête aussi, de forme conique avec un museau court, est assez robuste, les yeux sont plutôt grands .La bouche est avancée assez étroite et bordés de lèvres épaisses d'où, aux angles supérieurs, pendant quatre barbillons tactiles.

➤ **Coloration :**

Le corps de la carpe est recouvert de grosses écailles cycloïdes, seul la tête n'en est pas pourvue. La coloration de la carpe varie avec son habitat. Elle est généralement brun-olivâtre ou gris-verdâtre sur le dos .Ces teintes se dégradent au jaune-bronze avec des reflets dorés sue les flancs et au blanchâtre sur le ventre .La nageoire anale et les ventrales sont parfois rougeâtres toutes les autres sont olivâtres.

➤ **Taille :**

Les carpes sauvages de 3 à 4 ans mesurent de 20 à 40 cm et pèsent de 300 à 1000g. Le maximum dépasse rarement le mètre, le poids est de 25 à 30 kg pour un âge de 40 ans.

➤ **Alimentation du carpe :**

Poisson omnivore ; se nourrit de tout : vers, larves, insectes, mollusques, escargots et les algues.

VI. Caractérisation physicochimiques de l'eau :

VI.1.Mesures *in situ* :

La température, le pH,et la conductivité électrique ont été mesurés *in situ* (sur site) par un multi-paramètre de type HANNA, instrument HI9812-5 . En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés *in situ*.



Figure 17 : Multi-paramètre HANNA, instrument HI9812-5

VI.2. Analyse au laboratoire :

VI.2.1. Eau:

Les échantillons des eaux sont analysée au laboratoire en se référant au aux méthodes d'analyse chimique décrites par RODIER (Rodier J ,2005).

➤ Préparation de l'eau pour le dosage des métaux lourds :

Les échantillons (100ml pour chaque station), sont acidifiés à $\text{pH} < 2$ avec 2ml du l'acide nitrique puis filtrés à l'aide des membranes de filtration ayant une porosité de 0,45 μm , puis stockés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'au dosage.

VII.Sédiment :

VII.1.Préparation des échantillons du sédiment :

Une fois au laboratoire les sédiments ont été séchés dans une étuve à 60°C, homogénéisés à l'aide d'un mortier et tamisés (à 2 mm pour obtenir un échantillon homogène et 250 μm pour l'extraction des métaux lourds), puis stockés dans des boites en polyéthylène ayant préalablement subit le schéma classique de conditionnement avant l'utilisation (lavage, séjour dans l'acide, rinçage à l'eau dessillée puis séchage).

VII.2.Caractérisation physicochimique des sédiments :

VII.2.1. Mesure des pH:

La mesure s'effectué par un pH mètre dans une suspension du sol et d'eau distillée dont le principe est basé sur la mise en équilibre ionique d'une certaine masse solide avec un volume donné d'eau déminéralisée. Le ratio de la masse du sol au volume d'eau étant fixé à 1/2.5(25ml).La mesure de différence de potentielle entre l'électrode de mesure et une électrode de référence s'effectue dans la suspension en équilibre (Boucheseiche et *al.*, 2000)

VII.2.2..Mesure de la conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles de ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présent dans l'échantillon c.-à-d. sont degré de salinité. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que la concentration en cations et anions porteurs des charges électriques, augmentent. La conductivité électrique est mesurée par le conductimètre dans une suspension de sol et d'eau distillée dans les conditions bien définies et dans un rapport sol/eau de 2/5(50ml) (Boucheseiche et al .,2000).

VII.2.3. Dosage de La matière organique (méthode de walkly-blak modifiée) :

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir de l'un de ces constituants de carbone et l'azote. Le carbone représente 58% de la matière organique.

$$\text{MO \%} = \text{CO \%} \times 1.724$$

La détermination de CO est basée sur l'oxydation de ce dernier par le bichromate de potassium en milieu d'acide sulfurique source de chaleur. (Mathieu .,Piethains . ,1998)

VII.2.4 Dosage du calcaire total :

On utilise la propriété de carbonates de calcium de se décomposer sous l'action d'un acide en eau et CO₂. On décompose par un acide fort (acide chlorhydrique) le carbonate de calcium contenue dans l'échantillon de terre et on mesure le volume de gaz carbonique dégagé par la réaction à la température et à la pression atmosphérique :



Le volume de gaz carbonique dégagé lors de la réaction est mesuré à l'aide de calcimètre de Bernard. En comparant les deux volumes, on détermine le taux de carbonates exprimé en carbonate de calcium de l'échantillon de sol. (Mathieu C et Piethains F ,1998)

VII.2.5.Capacité d'échange cationique (méthode AFNOR) :

La capacité d'échange cationique est la quantité maximale de cations qu'un sol peut adsorber (pour 100 g de matière sèche) elle mesurée selon la méthode de AFNOR dont Le principe est basé sur un échange de cations retenus par un échantillon de terre et les ions ammonium

d'une solution aqueuse d'oxalates d'ammonium en présence de carbonate de calcium. La détermination de la CEC se fait par mesure de la concentration dans les filtrats des ammoniums libres. (AFNOR,1998).

VII.3. Extraction des métaux lourds totaux pour les sédiments :

Cette méthode est utilisée pour le dosage des éléments totaux et principalement pour le cadmium, le chrome, le plomb et le zinc. L'échantillon est soumis à l'action d'un mélange d'acide chlorhydrique (3/4) et d'acide nitrique (1/4) pendant 12 heures à température ambiante, puis à 180°C pendant 15 min. l'extrait est ensuite filtré et ajusté au volume avec l'eau déminéralisé. C'est à partir de cette solution d'essai que l'on possède- aux dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique (Fustec E et al.,2000)

VIII.Extraction des métaux lourds pour les poissons

➤ Préparation des échantillons des poissons :

Dès le retour au laboratoire, les poissons ont été pesés, leur longueur à été mesurée et leur sexe à été déterminé, ensuite ils ont été sacrifiés et disséqués. Les organes (foie, chair et branchies) ont été prélevés, étiquetés, et misent au réfrigérateur.

VIII..Extraction des métaux lourds :

Pour l'extraction des métaux lourds nous avons utilisé la méthode de FAO 1983, dont 1g de chaque tissu (foie, branchies, et la chair), à été minéralisé en utilisant 1,5 volume d'une mixture de HNO₃/H₂O₂ (0,75V/0,75V), le mélange est mis dans un bain de sable 160°C pendant 30 minutes, après refroidissement le contenu à été filtré par des papiers filtres, et dilué dans 25ml d'eau distillée.



VIII.1. Dosage des métaux lourds par la SAA :

Figure18 : Spectrophotomètre d’Absorption Atomique de type Shimadzu AA 6800.

VIII.1.1. Principe de la spectrophotométrie d’absorption atomique (SAA) :

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

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

VIII.1.2. Modalités d'interprétation :

Pour mieux interpréter les résultats obtenus au cours de notre étude, une étude statistique a été faite à travers deux méthodes l'analyse de la variance et le test de student. En utilisant le logiciel Origine 06.

Résultats et interprétation

I. Résultats d'analyse des eaux

Les résultats des paramètres Physico-chimiques de l'eau sont rassemblés dans les tableaux (15) et représentés graphiquement dans les figures (13).

I.1. La température (°C)

L'étude de tableau (04) montre que les eaux du barrage de Beni Haroun ont des températures qui fluctuent entre une valeur minimale de l'ordre $23,26^{\circ}\text{C}\pm 0,05$ enregistrée dans la station 01 et une valeur maximale de l'ordre $25,66^{\circ}\text{C}\pm 0,11$ relevée au niveau de la station 03.

Tableau 04: variabilité spatiale de la T °C dans les eaux du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

Température (°C)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 01	23.3	23.5	25,8	25,6	23,7
Mesure 02	23.2	23.3	25,6	25,5	23,3
Mesure 03	23.3	23.4	25,6	25,6	23,4
Max	23.3	23,5	25,8	25,6	23,7
Min	23.2	23.3	25,6	25,5	23,3
Moyenne	23,26	23,4	25,66	25,56	23,46
Ecart type	0.05	0.1	0.11	0.05	0.20

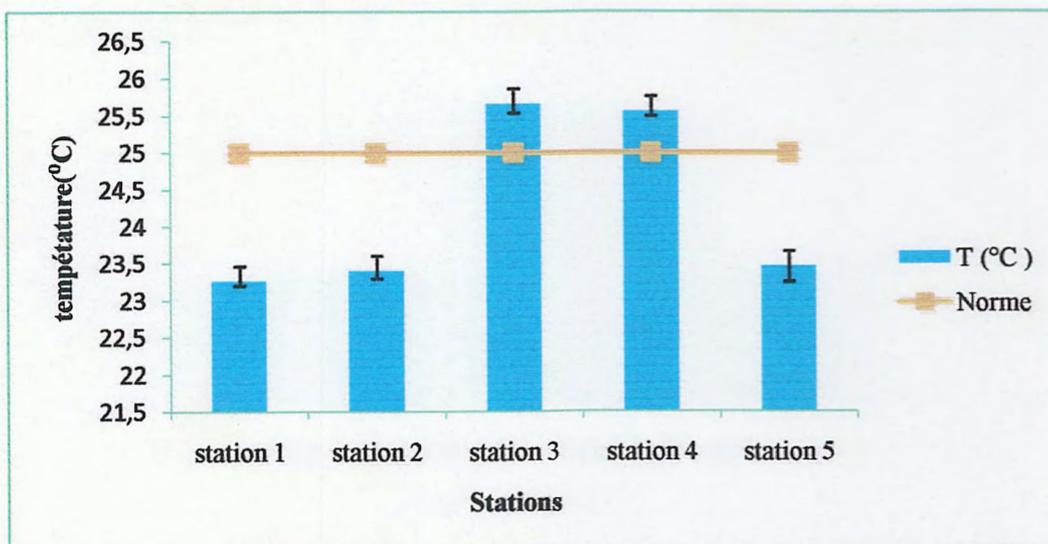


Figure 19 : Variabilité spatiale de la température de l'eau du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

L'analyse de la variance nous a permis de constater que les variations entre les stations sont hautement significatives ($F= 308,90$; $P < 0.05$) (annexe 2).

D'après la figure 19, nous remarquons que les stations 03 et 4 présentent les températures

moyennes les plus élevées.

I.2. pH

Les résultats obtenus dans les différentes stations montrent que toutes les valeurs s'étalent entre 8,55±0,07 et 8,82±0,14, la valeur minimale de PH a été observée au niveau de la station 05, et la valeur maximale a été enregistrée au niveau de la station 04.

Tableau 05 : Variabilité spatiale de PH des eaux du barrage de Beni Haroun (Mai2012)

pH					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 01	8,5	8,53	8,55	8,65	8,47
Mesure 02	8,59	8,62	8,77	8,88	8,58
Mesure 03	8,66	8,62	8,91	8,93	8,61
Max	8,66	8,62	8,91	8,93	8,61
Min	8,5	8,53	8,55	8,65	8,47
Moyenne	8,58	8,59	8,74	8,82	8,55
Ecart type	0.08	0.05	0.18	0.14	0.07
Norme (OMS)	6,5-9,5				

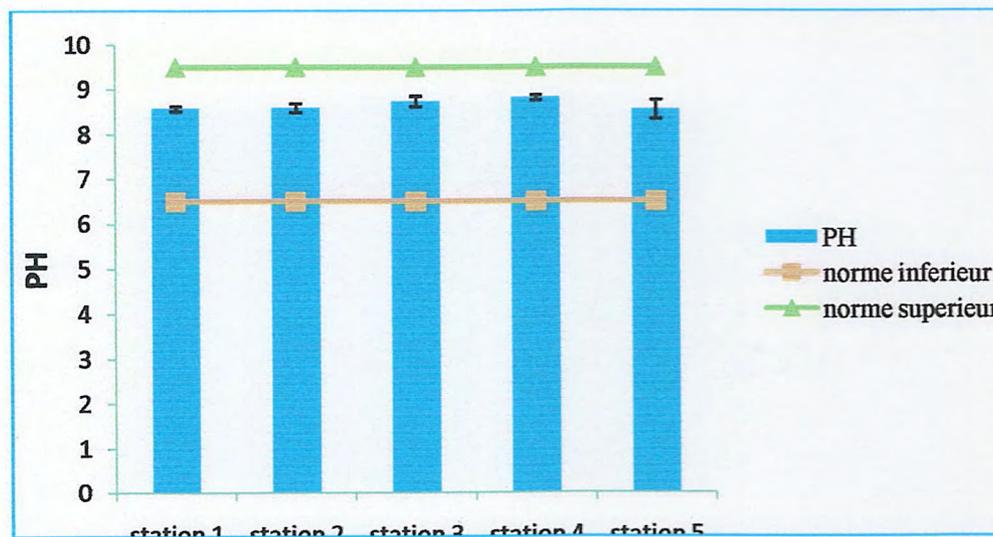


Figure 20: Variabilité spatiale du PH des eaux du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

Les valeurs du PH présentent une faible variation d'une station à l'autre, ceci est démontré par l'analyse de la variance qui relève l'absence d'effet station ($F=2.97, P<0.05$) (annexe 2).

I.3. Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)

Les valeurs de la conductivité électrique sont plus au moins hétérogènes dans toutes les stations. Les valeurs s'étalent entre deux valeurs: une valeur minimale de l'ordre de $115,33\mu\text{S}/\text{Cm} \pm 9,07$ observée au niveau de la station 02, et une valeur maximale de l'ordre $1223,33 \mu\text{S}/\text{Cm} \pm 5,77$ enregistrée dans la station 04. Nous avons remarqué que la station 03 qui se situe à Mila et la station 04 qui se situe à Sibari présentent les valeurs les plus élevées.(figure 21)

Tableau 06 : Evolution spatial de la conductivité électrique dans le barrage Beni Haroun (Mai 2012)

CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 01	591	125	1220	1030	1100
Mesure 02	578	114	1230	1060	1110
Mesure 03	570	107	1220	1060	1110
Max	591	125	1230	1060	1110
Min	570	107	1220	1030	1100
Moyenne	579,66	115,33	1223,33	1150	1106,66
Ecart type	10.59	9.07	5.77	17.32	5.77
Norme (OMS)	<1000 $\mu\text{S}/\text{Cm}$				

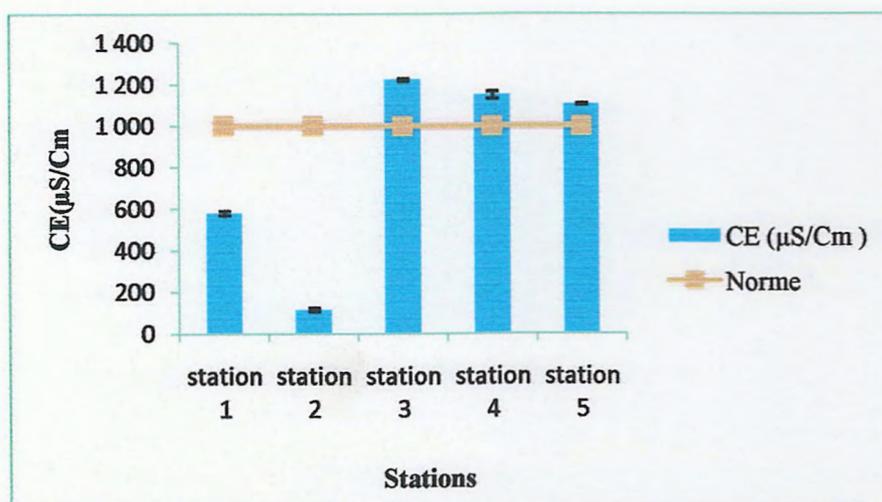


Figure 21: Variabilité spatiale de la conductivité électrique dans les eaux du barrage Beni Haroun (Mail 2012)

L'analyse de la variance et de la figure (21) nous a permis de constater qu'il y a une différence hautement significative de la conductivité électrique entre les différents stations ($F = 5691.44, P < 0.05$) (annexe 2).

La station 2 présente la valeur la plus faible par rapport aux autres stations.

I.4. Les métaux lourds dans les eaux

I.4.1. Cadmium (µg/L)

Les résultats de dosage de Cd dans les eaux du barrage de Beni Haroun sont reportés dans le tableau 07. Ces valeurs admettent un maximum de $139 \pm 2(\mu\text{g/L})$ dans la station 01 et un minimum de $3 \pm 1,73(\mu\text{g/L})$ enregistré dans la station 02.

Tableau 07 : Variabilité spatiale du Cd des eaux de barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

Cd (µg/L)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 1	139	2	17,9	7	10,9
Mesure 2	137	5	15	8	9
Mesure 3	141	2	20,9	9	12,8
Moyenne	139	3	17,9	7	10,9
Ecart type	2	1,73	2,95	1	1,9
Norme (OMS)	10 (µg/L)				

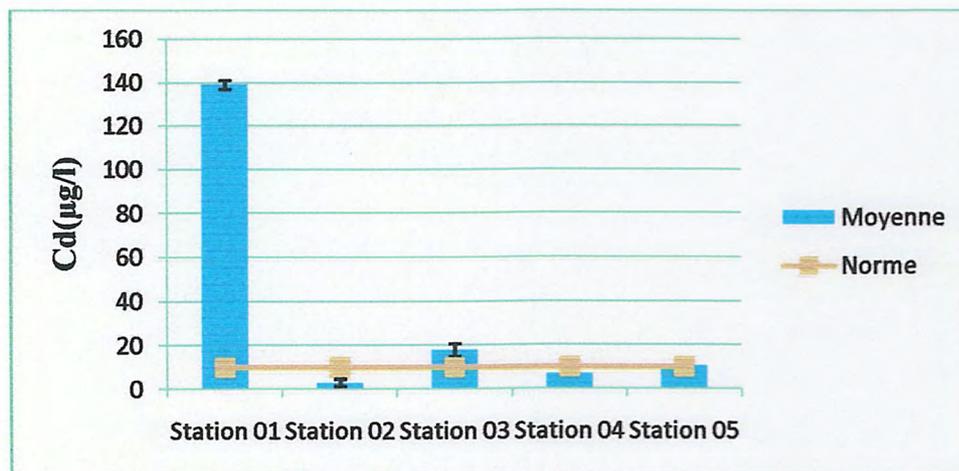


Figure 22: Distribution spatiale de cadmium dans les eaux du barrage Beni Haroun (Mai 2012)

L'analyse de la variance montre une variation significative des teneurs en Cd [(F=4.33, $p < 0,05$), (annexe 2)]. La figure 22 montre que la station 01 enregistre une concentration de Cd plus élevée que les autres stations.

I.4.2. Plomb ($\mu\text{g/L}$)

Le tableau 08 nous a permis de constater que les valeurs moyennes des concentrations du plomb dans les eaux du barrage de Beni Haroun varient entre un minimum de l'ordre de $134. \pm 19$ ($\mu\text{g/L}$), signalé au niveau de la station 05, et un maximum de l'ordre de 439.1 ± 0.08 ($\mu\text{g/L}$) au niveau de la station 04

Tableau 08 : Evolution spatiale de plomb dans les eaux du barrage Beni Haroun (Mai 2012)

Pb ($\mu\text{g/L}$)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 1	338	389	367,5	439	134,9
Mesure 2	337	387	367,7	439,15	134,9
Mesure 3	339	388	367,6	439,15	134,9
Moyenne	337	388	367,6	439,1	134,9
Ecart type	1	1	0.1	0.08	0
Norme (OMS)	50 ($\mu\text{g/L}$)				

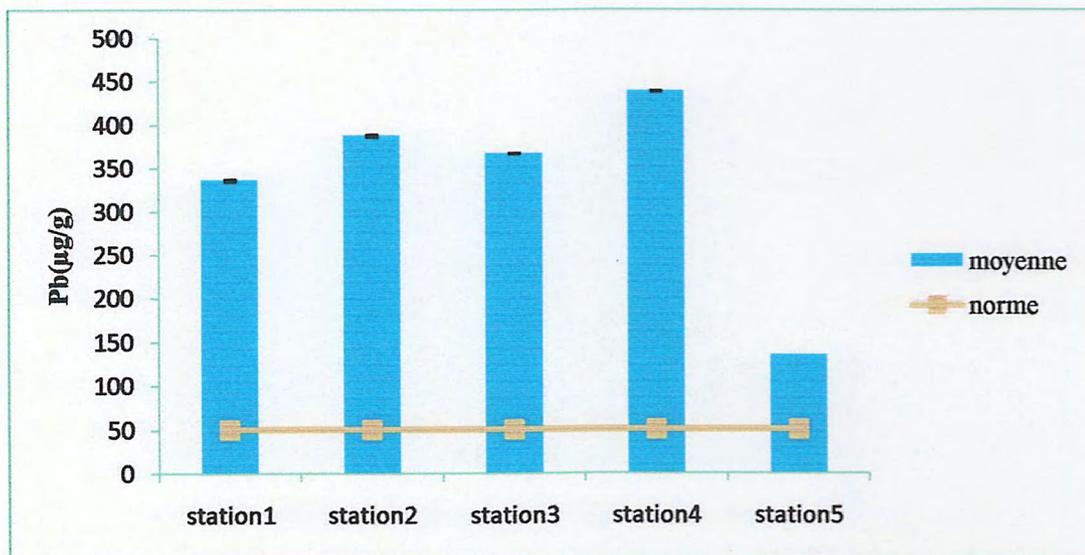


Figure 23 : Distribution spatiale du plomb dans les eaux du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

D'après les résultats des analyses obtenus dans notre étude, nous avons remarqué que les teneurs en plomb varie significativement d'une station à l'autre [(F=3.77 P<0.05), (annexe 2)]. La station 05 présente des teneurs en plomb plus faibles, par rapport aux autres stations. (Figure 23)

II. Résultats d'analyse des sédiments

II.1. pH

L'étude du tableau 09 montre que le PH des sédiments du barrage de Beni Haroun est basique ; les valeurs s'étalent entre $8,09 \pm 0,02$ observée au niveau de la station 03 et $8,36 \pm 0,01$ enregistrée au niveau de la station 02.

Tableau 09 : Distribution spatiale de pH dans les sédiments du barrage de Beni Haroun. (Mai 2012)

pH					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 1	8,24	8,38	8,09	8,12	8,09
Mesure 2	8,22	8,35	8,07	8,11	8,11
Mesure 3	8,35	8,35	8,11	8,16	8,10
Max	8,35	8,38	8,11	8,16	8,11
Min	7,22	8,35	8,07	8,11	8,09
Moyenne	8,27	8,36	8,09	8,13	8,10
Ecart type	0,07	0,01	0,02	0,02	0,01

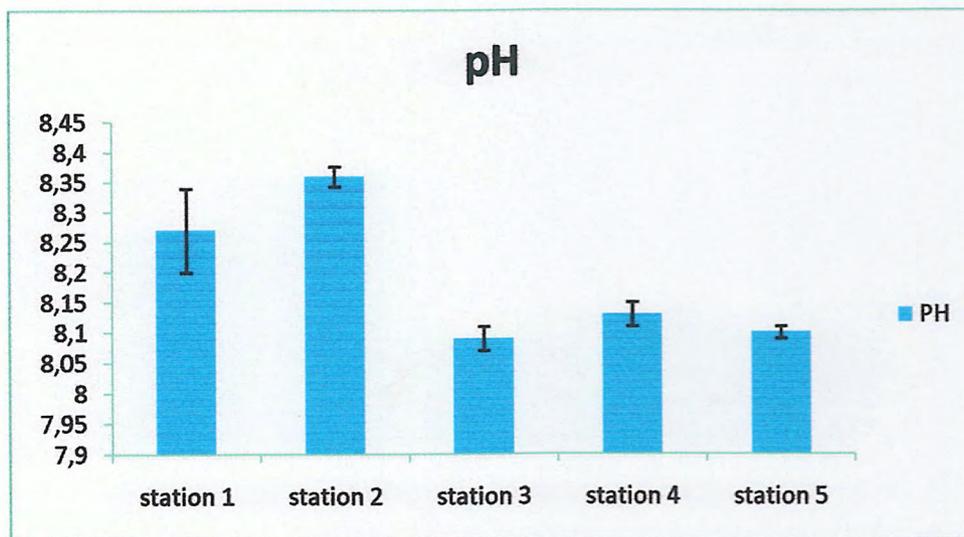


Figure 24 : Distribution spatiale des valeurs moyennes de pH des sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

L'analyse de la variance montre une variation spatiale non significative ($F = 33,39$, $p < 0,05$) (annexe). Cependant l'observation de la figure 24 a montré une augmentation du PH au niveau des stations 01 et 02.

II.2. Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)

Le tableau (10) nous a permis de conclure que la valeur minimale de la conductivité électrique est de l'ordre de $220 \pm 10,60(\mu\text{S}/\text{Cm})$ enregistrée au niveau de la station 05, alors que la valeur maximale qui est de l'ordre de $590 \pm 4,35 (\mu\text{S}/\text{Cm})$, est celle inscrite au niveau de la station 03.

Tableau 10: Distribution spatiale de la conductivité électrique des sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai2012)

CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 01	260	308	587	289	225
Mesure 02	255	309	588	296	210
Mesure 03	260	313	595	285	285
Max	260	313	595	296	285
Min	255	208	587	285	210
Moyenne	260	310	590	290	220
Ecart type	2.88	2.64	4.35	5.56	10.60

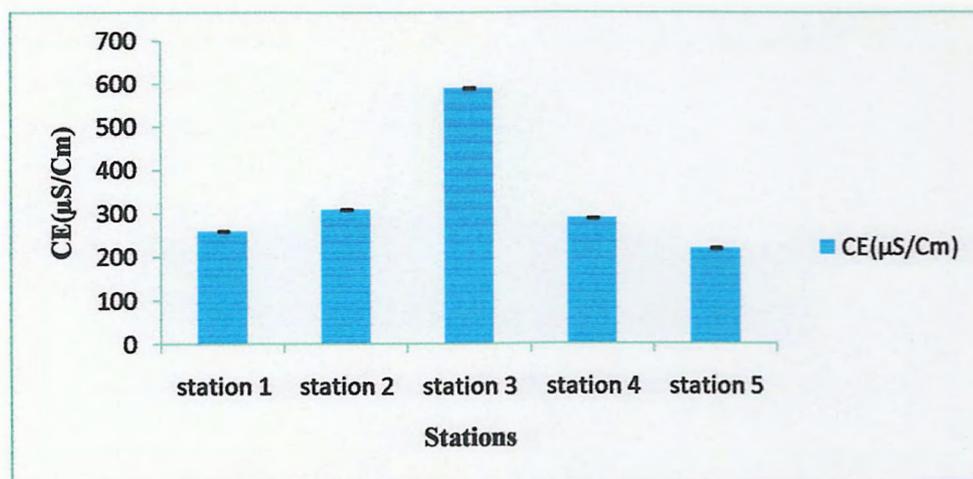


Figure 25 : Distribution spatiale de la conductivité électrique dans les sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

L'observation de la figure (25) et l'analyse de la variance montrent que les valeurs de la conductivité électrique présentent des variations significatives entre les différentes stations ($F = 188.70$; $p < 0.05$) (annexe). La station 03 présente la valeur la plus élevée par rapport aux autres stations.

II.3. Matière organique (%)

Le tableau 11 montre que les teneurs en matière organique sont variables d'une station à l'autre. Elles s'étalent d'une valeur maximale de l'ordre 2.45 ± 0.02 (%) observée au niveau de la station 03 (Mila), et une valeur minimale de l'ordre de $0,37 \pm 0.01$ (%) enregistré au niveau de station 04.

Tableau 11 : Distribution spatiale de la matière organique dans les sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

Matière organique (%)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 1	0.82	1.09	2.45	0.37	0.87
Mesure 2	0.8	1.09	2.43	0.37	0.88
Mesure 3	0.84	1.09	2.47	0.37	0.86
Moyenne	0,82	1,09	2,45	0,37	0,87
Ecart type	0.02	0	0.02	0.01	0.01

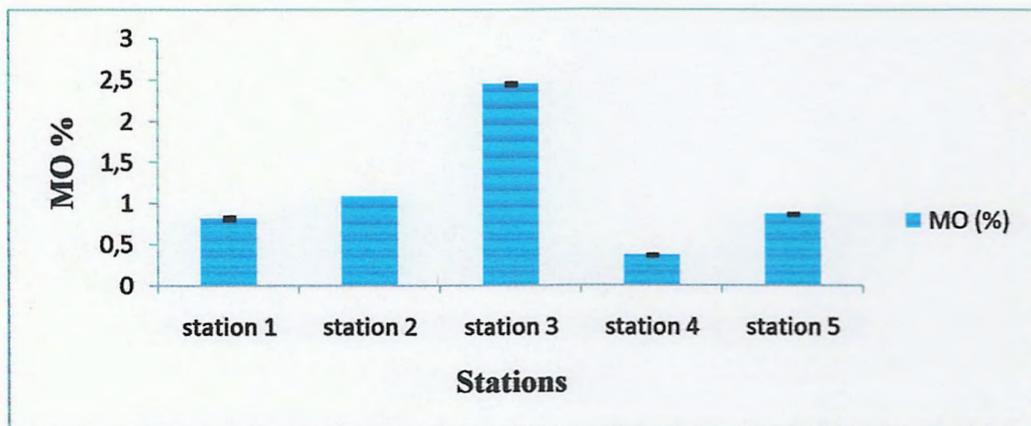


Figure 26: Distribution spatiale de la matière organique dans les sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

La figure (26) et le test d'ANOVA d'un facteur nous a permis de dire qu'il y a une différence significative de la teneur en matière organique des sédiments entre les différentes stations ($F = 292.97$; $p < 0.05$). La station 03 qui se trouve à Mila est riche en matière organique. Par contre la station 04 (au niveau Sibbari) est très pauvre en matière organique.

II.4. Capacité d'échange cationique (méq/100 g de terre)

La capacité d'échange cationique des sédiments étudiés varie entre un maximum de l'ordre de 14.03 ± 0.17 (méq/100 g) observé dans la station 02, et un minimum de l'ordre de $8,37 \pm 0,2$ (méq/100 g) enregistré dans la station 01.

Tableau 12 : Distribution spatial de la capacité d'échange cationique dans le barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

Capacité d'échange cationique (még/100 g)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 01	8,3	13,95	12,5	12,97	12,5
Mesure 02	8,5	13,87	12,66	13,2	12,5
Mesure 03	8,7	14,2	12,7	13,13	12,45
Max	8,07	14,2	12,7	13,2	12,5
Min	8,4	13,87	12,35	12,97	12,45
Moyenne	8,37	14,03	12,57	13,1	12,48
Ecart type	0.2	0.17	0.10	0.11	0.02
Norme (OMS)	Très faible : 5, faible : 5à10, moyenne : 10à15 élevée : 15à20, très élevée : >20				

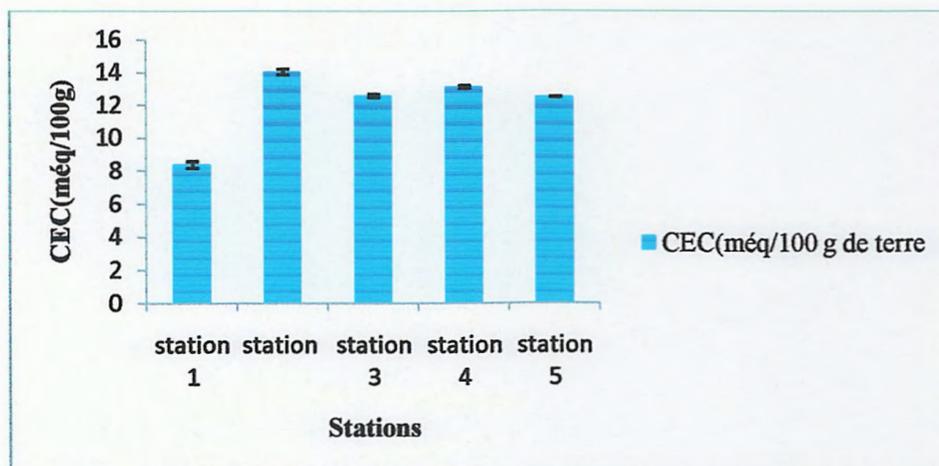


Figure 27: Distribution spatiale de la CEC dans les sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative des valeurs de CEC entre les différentes stations [(F = 706,46 ; p < 0,05) ; (annexe)]. Les stations 02, 03, 04, 05 ont une capacité d'échange cationique moyenne. Par contre la station 01 a une faible capacité d'échange cationique.

II-5. Calcaire total Ca CO₃ (%)

Dans les stations choisies, le taux de calcaire total présente un maximum de l'ordre de (58±6,08%) au niveau de la station 01 et un de l'ordre de (7±1%) au niveau de la station 03.

Tableau 13 : Evolution spatiotemporelle de calcaire total dans les sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

Caco3(%)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 01	55	42	7	35	25
Mesure 02	54	44	6	41	29
Mesure 03	65	43	8	44	30
Max	65	44	8	44	30
Min	54	42	6	41	25
Moyenne	58	43	7	40	28
Ecart type	6.08	1	1	4.58	2.64
Norme (OMS)	5-10% : peu calcaire. 10-25% : moyen calcaire. □25% calcaire				

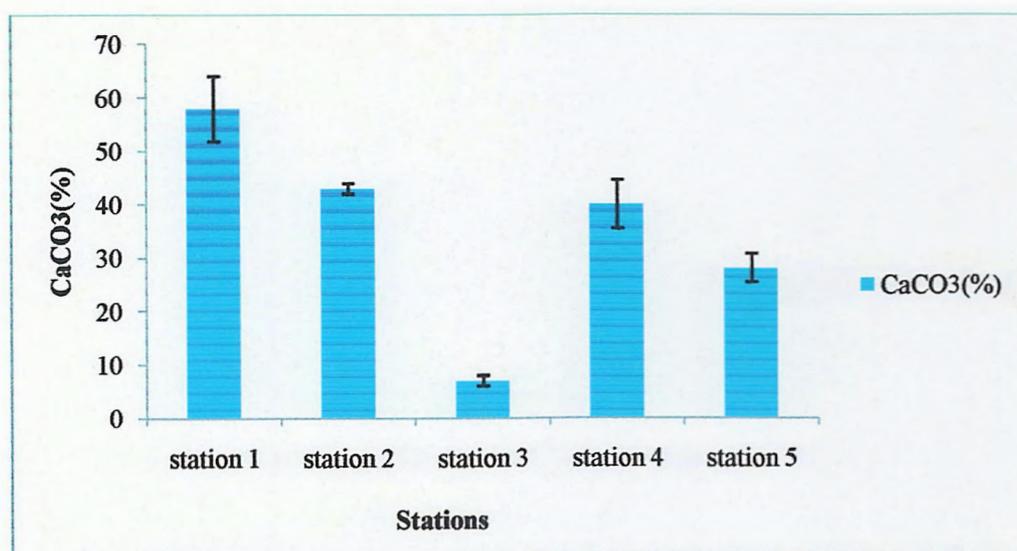


Figure 28 : Distribution spatiale de carbonates de calcium CaCO_3 dans les sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative de CaCO_3 entre les cinq stations [(F=81.20p<0.05). (annexe)]. D'après la figure 28 : les sédiments des stations 01, 02, 04, 05 présentent un taux de calcaire plus élevé à la station 03. La station 03 est considérée comme peu calcaire.

II.6. Résultats des Métaux lourds dans les sédiments

II.6.1. Cadmium (µg/g)

Les résultats d'analyse du cadmium dans les sédiments du barrage de Beni Haroun sont enregistrés au tableau 14. Les concentrations du cadmium s'étendent d'une valeur minimale de l'ordre 0.1±0.02 (µg/g) ppm observée au niveau de la station 01 a une valeur maximale de l'ordre 9.29±0.02 (µg/g) observée au niveau de la station 04.

Tableau 14 : Evolution spatial des teneurs du cadmium total dans les sédiments du Barrage de Beni Haroun (Mai2012)

Cd (µg/g)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 1	0,08	0,4	0,16	9,27	1,12
Mesure 2	0,10	0,16	0,14	9,28	1,10
Mesure 3	0,12	0,15	0,15	9,32	1,10
Moyenne	0,1	0,15	0,15	9,29	1,14
Ecart type	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Norme (OMS)	0.1- 1 (µg/g)				

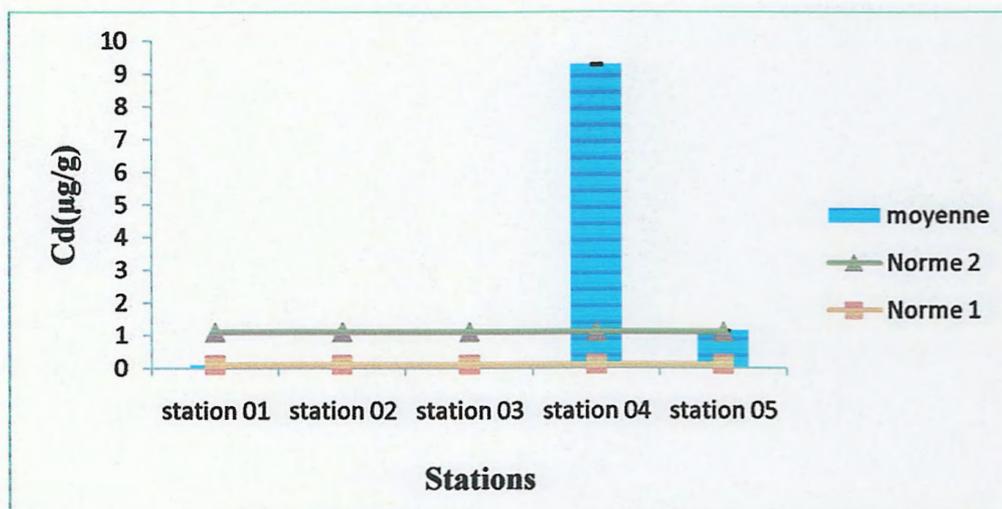


Figure 29 : Distribution spatiale du cadmium total dans les sédiments du barrage Beni Haroun (Mai 2012).

L'observation de la figure (29) et l'analyse de la variance indiquent qu'il y a une différence significative des teneurs en Cd dans les sédiments entre les différentes stations ($F = 168.14 ; p < 0.05$) (annexe 2), la station 04 présente la valeur la plus élevée.

II.6.2. Plomb (µg/g)

Les résultats obtenus montrent que les concentrations du Pb dans les sédiments varient entre une valeur minimale de l'ordre de $32.67 \pm 0,24$ (µg/g) enregistrée au niveau de la station 01, et une valeur maximale de l'ordre de $119.98 \pm 0,07$ (µg/g) observée au niveau de la station 05.

Tableau 15: Evolution spatiale des teneurs de plomb total dans les sédiments du Barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

Pb (µg/g)					
Mesures	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 05
Mesure 1	32,9	51,05	38,27	44,61	119,91
Mesure 2	32,56	51,06	38	44,45	120,05
Mesure 3	3,55	51,04	38	44,20	119,99
Moyenne	32,67	51,05	38,29	44,42	119,98
Ecart type	0,24	0,01	0,15	0,20	0,07
Norme (OMS)	80(µg/g)				

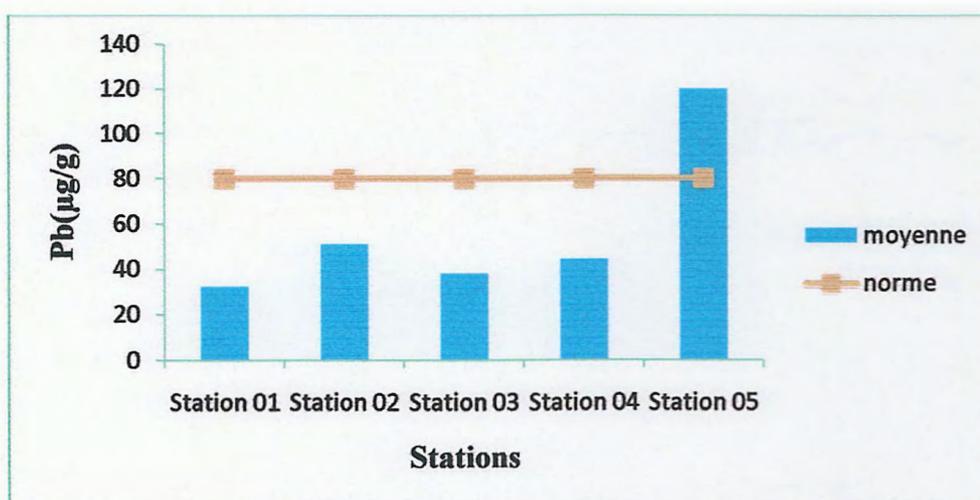


Figure 30 : Evolution spatiale des teneurs du plomb dans les sédiments du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

L'analyse de variance montre que la variabilité spatiale des teneurs en plomb est significative ($F = 36,24; p < 0,05$) (annexe). L'observation de la figure 30 a montré que la station 05 présente des concentrations du Pb qui dépassent la norme, qui est de l'ordre de 80 (µg/g).

III. Résultats d'analyse des poissons

Les paramètres biologiques des poissons étudiés sont regroupés dans les tableaux 16 et 17.

Tableau 16 : les paramètres biologiques de la carpe

Espèces	Poids (g)	Taille (cm)	Sexe
01	174,04	22,5	Male
02	189,60	23	Male
03	174,46	21	Femelle
04	143,12	20	Femelle

Tableau 17 : les paramètres biologique du barbeau

Espèces	Poids (g)	Taille (cm)	Sexe
01	370	36	Male
02	465	35	Male
03	610	39,5	Femelle
04	370	36	Femelle

III.1. Cadmium ($\mu\text{g/g}$)

Les teneurs en cadmium dans les différents tissus des espèces des poissons sont généralement faibles, elles s'étendent entre une valeur minimale de l'ordre de 0.08 ± 0.08 ($\mu\text{g/g}$), observée au niveau du chaire de l'espèce *cyprinus carpio*, et une valeur maximale de l'ordre de 0.68 ± 0.36 ($\mu\text{g/g}$), notée au niveau des branchies de l'espèce *Barbus barbus*.

Tableau 18 : Les teneurs en Cadmium dans les deux espèces de poissons (*Barbus Barbus*, *Cyprinus carpio*)

Espèces	Barbus Barbus			Cyprinus carpio		
	branchies	foie	chaire	branchies	Foie	Chaire
males	0.42 ± 0.42	0.50 ± 0.04	0.22 ± 0.14	0.25 ± 0.19	0.11 ± 0.014	0.12 ± 0.06
femelles	0.68 ± 0.36	0.49 ± 0.21	0.12 ± 0.07	0.14 ± 0.03	0.13 ± 0.04	0.08 ± 0.08
Norme	0.5 ($\mu\text{g/g}$)					

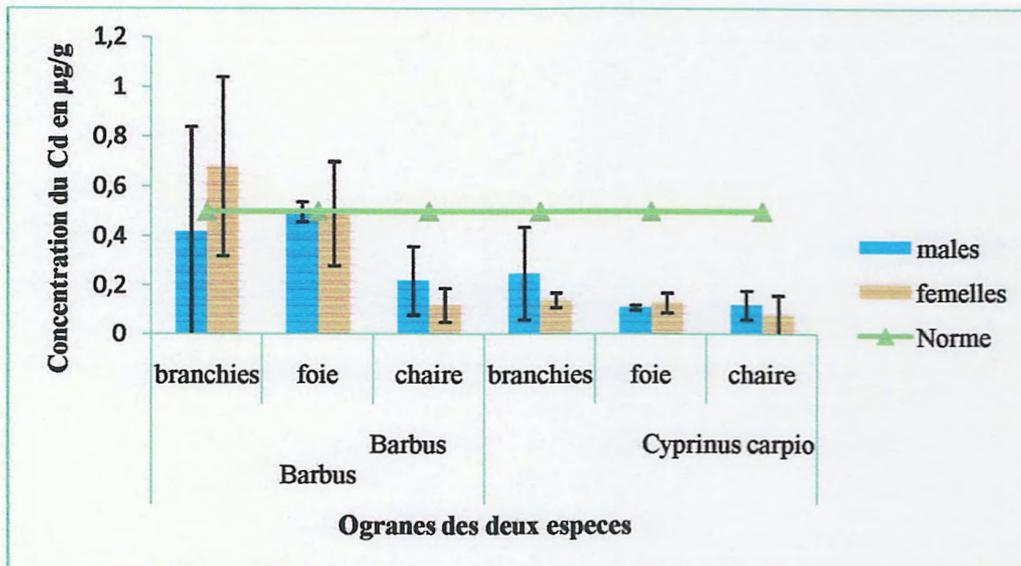


Figure 31: Les concentrations du cadmium dans les différents tissus du barbeau (*Barbus barbuis*) et la carpe (*Cyprinus carpio*) du barrage de Beni Haroun. (Mai 2012)

L'analyse de la variance a révélée de faible variations des teneurs en Cadmium pour les différents tissus chez les deux sexes des deux espèces (Carpe males : $F = 0.88, p \square 0.5$, Carpes femelles : $F = 0.55, p \square 0.05$) Barbeau males ($F = 0.63, p \square 0.05$), barbeau femelles : ($F = 2.59, p \square 0.05$). Cependant l'observation de la figure 31 a mis en évidence des concentrations plus élevées dans les branchies et le foie par rapport à la chair.

Le teste student a relevé l'absence de l'effet sexe pour les différents organes chez les deux espèces :

➤ Carpe foie (M/F) :

$t = 0.44, p \square 0.69$, carpe branchies(M/F) : $t = -0.97, p \square 0.05$ carpe chair (M/F) : $t = -0.79, p \square 0.05$.

➤ barbeau foie (M/F) : $t = -0.09, p \square 0.05$, barbeau branchies (M/F) : $t = -0.89, p \square 0.05$ barbeau chair (M/F) : $t = -0.65, p \square 0.05$.

Et entre ces deux espèces :

➤ chair(B/C) : $t = 0.87, p \square 0.05$, foie (B/C) $t = -4.56, p \square 0.05$, branchies($t = 0.93, p \square 0.05$)

L'étude statistique par student ; nous as permis de constater que les teneurs en cadmium présentent de faibles variations d'une espèce à l'autre pour la chair (annexes), et de fortes variations pour les branchies et le foie (annexes)

III.2) Plomb (µg/g)

Les teneurs en plomb dans les différents tissus des deux espèces (*Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio*) sont généralement élevées, elles s'échelonnent entre une valeur minimale de l'ordre de

4.33±4.68(µg/g) notée au niveau de la chair de l'espèce *Cyprinus carpio* et une valeur maximale de l'ordre de 11.48± 6.85 (µg/g) observée au niveau des branchies des males de la même espèce.

Tableau 19 Les teneurs en Pb dans les deux espèces de poissons (*Barbus barbuis*, *Cyprinus carpio*)

Espèces	Barbus Barbuis			Cyprinus carpio		
Organes	branchies	foie	chaire	branchies	Foie	Chaire
males	5.23±4.87	7.27±1.44	5.61±1.26	11.48±6.85	9.18±2.17	4.33±4.68
femelles	9.44±3.25	6.38±0.72	5.74±0.90	9.55±3.41	4.71±2.70	7.27±1.62
Norme	0.3 (µg/g)					

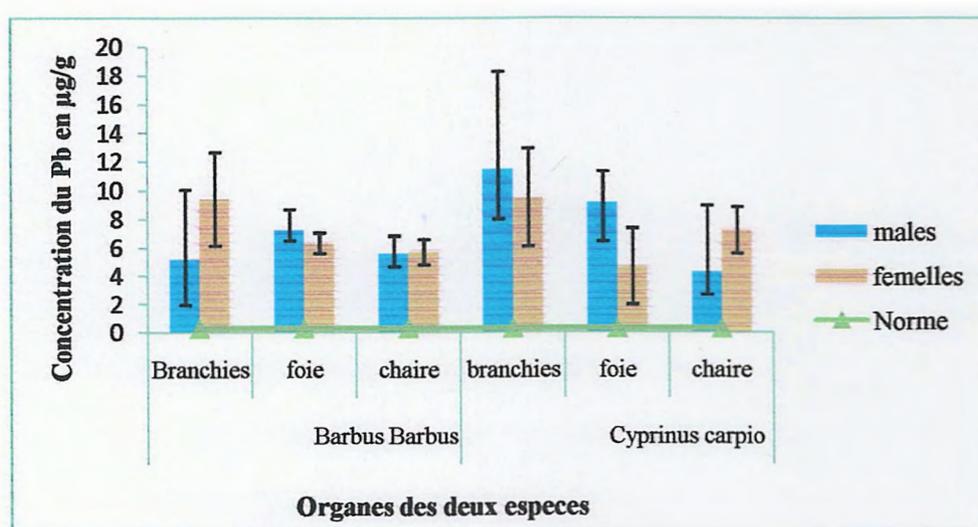


Figure 32 : Les concentrations du plomb dans le barbeau (*Barbus barbuis*) et la carpe (*Cyprinus carpio*) du barrage de Beni Haroun (Mai 2012)

L'analyse de la variance et le teste de student font apparaitre l'absence de

- l'effet organe :
 - males (Barbeau) : $F = 0.25, p \square 0.05$, femelles (barbeau) : $F = 1.9, p \square 0.05$.
 - males (carpe): $F = 1.08, p \square 0.05$, (femelles (carpe) : $F = 1.62, p \square 0.05$).
- l'effet espèce:
 - chair (barbeau/carpe) : $t = -3.89, p \square 0.05$.
 - foie (barbeau/carpe) : $t = 0.57, p \square 0.05$.
 - branchies (barbeau/carpe) : $t = -2.07, p \square 0.05$.
- et effet sexe :

- carpe foie (M/F): $t = 0.83$, $p \leq 0.05$, carpe branchies (M/F): $t = -0.35$, $p \leq 0.05$, carpe chair (M/F) : $t = -1.82$, $p \leq 0.05$.
- barbeau foie (M/F) : $t = 1.01$, $p \leq 0.05$, barbeau branchies (M/F) : $t = 0.10$
 $p \leq 0.05$. barbeau chair (M/F) : $t = -0.86$, $p \leq 0.05$.

Nous remarquons une augmentation des concentrations du plomb dans les branchies et le foie. L'espèce *Cyprinus carpio* présente des teneurs en plomb légèrement élevées par rapport à l'espèce *Barbus barbus*.

Discussion

I. L'eau

I.1. Température

La température de l'eau est un paramètre important pour la vie aquatique en rivière. En fait la majorité des paramètres physicochimiques et biochimiques sont dépendants de la température (Rejesk, 2000).

La température de l'eau varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Debieche, 2002). Une élévation de la température peut perturber fortement le milieu (Tamashiro et al., 1986), en augmentant le métabolisme des poissons provoquant une hausse de consommation d'oxygène, donc une plus grande pénétration des ETM. (Mebarki, 1984)

Les résultats obtenus au cours de notre étude montrent que les températures moyennes de l'eau des stations 01, 02, 03 sont dans la limite des normes de l'OMS (25°C). Par contre les stations 03 et 04 dépassent la norme. Cette différence de la température peut trouver une explication dans l'heure de mesure.

I.2. pH

Le pH influence la plupart des processus chimiques et biologiques des écosystèmes aquatiques (Brallier, 1996). C'est un indicateur important de la qualité et de l'ampleur de la pollution des eaux. Un pH compris entre 6.5 et 8.5 est considéré comme basique selon des directives proposées par Bis et Who (Bis, 1991., Who, 1993).

Le pH est alcalin, ce caractère est expliqué par l'influence de la nature géologique du bassin versant drainé.

I.3. Conductivité électrique

La conductivité donne une mesure indirecte de la concentration des sels minéraux dissous dans l'eau, détectées par la teneur en ions libres. Une augmentation excessive de la conductivité entraîne une perturbation du milieu et limite leur utilisation comme source d'eau potable (Tamashiro et al., 1986).

Les résultats obtenus au cours de notre étude montre que les stations 03, 04 et 05 sont très riches en éléments minéraux dépassant ainsi largement la norme OMS (1000 µS/Cm). Un tel résultat est attribué aux différents rejets domestiques, agricoles et industriels déversés dans le barrage.

II. Résultats d'analyse des sédiments

II.1. Le pH

Le pH est considéré comme le principal paramètre chimique contrôlant la biodisponibilité des métaux lourds (Singer, 1997). Plus le pH est acide plus la mobilité et la biodisponibilité des métaux lourds est grande. L'augmentation du pH provoque l'immobilisation par la formation des composées insolubles (Descamps, 2006).

Dans notre étude le pH des sédiments du barrage de Beni Haroun est légèrement basique, cette basicité peut être attribuée à la présence de carbonates et à une activité maximale des bactéries qui font réduire les sulfates en sulfure. (Mathieu; Piethains., 1998).

II.2. La conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure qui donne une approximation de la concentration des sels solubles présents dans un échantillon.

Nos résultats ont montré que la conductivité électrique est très élevée dans la station 03 par rapport aux autres stations. Cette valeur peut être expliquée par l'augmentation des teneurs en sels minéraux.

II.3. La matière organique (%)

La matière organique joue un rôle important dans la fixation et la complexation des métaux lourds dans les sédiments (Ben Bouih et al., 1999). En effet, elle est considérée comme un support préférentiel des éléments traces au sein d'un système aquatique (Raven et al., 2000), Dutile affirme que le taux de la matière organique est normal lorsqu'il est inférieure à 4% ce qui est le cas de nos résultats dans l'ensemble des stations.

L'analyse de la variance a montré que le taux de la matière organique présente de fortes fluctuations d'une station à l'autre, avec un pic au niveau de la station 03, ces teneurs relativement élevée sont principalement liées à l'accumulation de la matière organique et issue des plantes noyées en diverses étapes de décomposition.

II.4. La capacité d'échange cationique (méq/100 g de terre)

La capacité d'échange cationique (CEC) a une influence considérable sur l'accumulation des métaux lourds dans les sédiments (Callahan, 2002). En effet la teneur de ces métaux augmente avec cette capacité (Thieffry, 1992).

La CEC est intimement liée à la présence d'argiles, matière organique, elle varie pour les sols de quelque meq à 30 meq. Pour l'argile pure de 40 à 60 meq/100 g de terre, et pour la matière organique pure de 150 à 300 meq/100 g (Mathieu, 2003).

Pour nos résultats, nous avons remarqué que les sédiments montrent des variations de la CEC très importantes d'une station à l'autre. La CEC est plus importante dans les stations 02, 03, 04 et 05, ceci peut être attribué au caractère humique des sédiments de la 03, et à l'origine des sédiments des autres stations.

II.5. Le calcaire total Ca CO₃ (%)

Les carbonates possèdent un rôle important dans les sols. Ils contrôlent partiellement le pH par leurs équilibres de dissolution, une teneur élevée rend le sol alcalin et favorise certains modes de fixation (Duchofour, 1997). En effet La Co-précipitation avec des minéraux carbonatés est importante pour un certain nombre des métaux, tels que le cadmium et le zinc (Singer, 1997).

Les sédiments qui contiennent un taux de calcaire (CaCO₃) inférieure à 5 % sont considérés comme non calcaires. S'ils contiennent un taux de CaCO₃ compris entre (05 % et 10 %), ils sont considérés comme légèrement calcaires comme dans le cas de la station 03. Quand ils contiennent un taux de calcaire compris entre 10 % et 25 % ils sont considérés comme peu calcaire et quand t'il contient un taux de calcaire <25%, ils sont considérés comme notablement calcaires. Ceci est justement le cas des stations 01 ,02 ,04 et 05 (Alloway, 1990).

III. Les métaux lourds dans les eaux et les sédiments

Les métaux lourds sont considérés comme les polluants les plus courants dans le milieu aquatique, les déchets industriels, l'activité minière et la structure géochimique représentent une source potentielle de la pollution des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds (Kunwar et al., 2005 ; Mermut., 2004). Dans certaines conditions environnementales les métaux lourds s'accumulent et deviennent plus toxiques et causent des dommages graves pour la santé.

Une fois les éléments traces métalliques sont déversées dans les milieux aquatiques, ils présentent généralement une grande tendance à se lier aux matières en suspension, et donc s'accumulent dans les sédiments (Kelderman ., Osman., 2007).

Ces derniers jouent un rôle clef dans les cycles biogéochimiques à l'échelle des systèmes aquatiques. Ils sont considérés comme des pièges aux micropolluants, et ils donnent une indication de la pollution historique du cours d'eau (Boucheseche et al., 2002).

le cadmium et le plomb font partie des trois métaux classés comme polluants prioritaires de l'eau par la Communauté Economique Européenne (CEE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

L'évaluation globale des présents résultats mis en évidence un profil de concentration très élevé des deux métaux cibles de l'étude, dans les eaux de tous les sites retenus pour le plomb, et dans les stations 01 et 03 pour le cadmium.

Concernent les sédiments, les teneurs en plomb et en cadmium restent dans les limites des valeurs guides préconisées pour des sédiments considérés comme non pollués (1 à 80 µg/g) pour le plomb et de (0.1 à 1 µg/g) pour le cadmium (Bowman., Harlock., 2000) à l'exception de la station 05 pour le plomb et la station 04 pour le cadmium.

Notre étude a mis en évidence des concentrations des métaux lourds plus élevée dans les sédiments par rapport aux eaux. Un tel résultat est attribué à la nature alcaline des eaux du barrage. En effet à pH basique la plupart des métaux lourds se Co-précipitent avec les carbonates et les oxydes (Kunwar et al., 2005).

Les teneurs en métaux lourds observées dans les eaux et les sédiments de lac du barrage Beni Haroun sont plus élevées à celles obtenues dans le lac du barrage Ataturk (Euphrates) en Turquie (Huly et al., 2004). (Tableau 20)

Tableau 20 : Comparaison entre les eaux et les sédiments du Barrage Beni Haroun et Barrage Ataturk (Cd, Pb)

Sites	Eaux (µg/l)		Sédiments (µg/g)	
	Cd	Pb	Cd	Pb
Barrage Beni Haroun	35.56	333.32	2.16	27.58
Barrage Ataturk	N.D	N.D	N.D	N.D

Les niveaux de concentration du plomb et du cadmium enregistrés dans les eaux et les sédiments du barrage Beni Haroun sont attribués aux différents rejets urbains déversés dans le barrage d'un côté et au lessivage des décharges sauvages situées au bassin versant d'un autre côté. Ainsi le lessivage des sols fertilisés peut aussi constituer une source d'apport en cadmium et en plomb. En effet les analyses des métaux sur les fertilisants phosphatés et potassés ont révélée des teneurs allant jusqu'à 6.3 mg de Cd/kg (Singer, 1997). Ainsi une

étude sur les métaux lourds dans les déchets a montré les concentrations suivantes : les plastiques(12.1mg Cd/kg), les verres(1.3mgCd/kg), les textiles(6.8mg Cd/kg), les cartons(1.4mg Cd/kg), les piles(26.6mg Cd/kg), les métaux d'alliages(7.4mg Cd/kg) (Sidiould,2006) ,cette études a montré aussi que le plomb forme : de 52.9mg/kg de papiers ,26.1mg/kg de cartons ,99.2mg/kg de textiles, 373.7mg/kg de verres et 77.5mg/kg de piles (Mermut et al.,2004). La circulation automobile et notamment la combustion de l'essence (le plomb est utilisé dans les hydrocarbures sous forme d'alkylplomb pour ses propriétés antidétonantes, et l'usure des freins, des pneus, et des carrosseries) peuvent constituer une source potentielle de la pollution des eaux et des sédiments du Barrage Beni Haroun par le plomb (Jérôme ., Petit., 2006).

IV. La bioaccumulation des métaux lourds par les poissons

Les poissons tiennent une place particulière dans les eaux douces en raison de leur position trophique élevée ; ils s'avèrent être d'excellents indicateurs de l'état de la santé de cet écosystème (Brallier et al., 1996). La carpe et le barbeau représentent une source importante de la pêche et de la nourriture pour un grand nombre de personnes habitant dans les communes avoisinantes du barrage. Ces poissons sont considérés comme une source principale d'exposition humaine aux métaux lourds.

Les teneurs en cadmium dans les deux espèces restent inférieurs à la valeur guide préconisée par la commission économique européenne qui est de l'ordre de 0,5µg/g par contre les teneurs en plomb dépassent largement la norme CEE qui est de l'ordre de 0,3µg/g pour les deux espèces ; soit 20 fois pour l'espèce *Barbus barbus* et 19 fois pour l'espèce *Cyprinus carpio*, ce qui peut mettre en évidence les dangers aux quels est exposée la population humaine qui se nourrit de ces deux espèces de poissons. (Jérôme ., Petit ., 2006).

En comparant nos résultats avec ceux obtenue par les étude mention citées dans la littérature ; les teneurs du plomb et du cadmium observées dans les deux espèces étudiées sont généralement supérieures à celle enregistrées chez six espèces des poissons (*A. marmid*, *C. mossulensis*, *C. regium*, *C. luteus*, *C. trutta* et *C. carpio*) du lac du barrage Attaturk en Turquie (Hulya et al.,2004), et à celle observées dans trois espèces des poissons (*Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* et *Mugil cephalus*) du lac Tuzla en Turquie (Meltem et al.,2007) (tableau21). Les concentrations les plus élevées du Pb et du Cd sont observées au niveau des branchies et du foie, les mêmes résultats ont été obtenus dans une étude sur l'accumulation des métaux lourds dans le foie, les branchies, et la chair de l'espèce

Barbus callensis issus de l'estuaire du(bas Loukkos) de la région de Rabat-Maroc(El morhit,2009) et dans une autre étude effectuée dans la rivière de Danube en Serbie (Zeljka et al.,2010)

Tableau 21: Comparaison de la concentration obtenue du (Cd , Pb) dans les poissons du barrage de Beni Haroun avec celle observées dans les autres travaux de recherche.

	Métaux lourds(µg/g Espèces	Cd			Pb		
	Tissus	branchies	Foie	chaire	branchies	foie	Chaire
Barrage Beni Haroun(Mila)	<i>Barbus barbus</i>	0.55±0.39	0.49±0.12	0.17±0.10	7.33±4.06	6.82±1.08	8.48±1.08
	<i>Cyprinus carpio</i>	0.19±0.11	0.12±0.02	0.1±0.007	10.51±5.13	6.94±2.43	5.8±3.15
Lac du barrage Attaturk (Turquie)	<i>Chondrostoma regium</i>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	<i>Acanthobrama marmid</i>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	<i>Capoetta trutta</i>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	<i>Chalcalburnus mossulensis</i>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	<i>Carasobabarbus luteus</i>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	<i>Cyprinus carpio</i>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
lac Tuzla (Turquie)	<i>Dicentrarchus labrax</i>	0.70±0.57	0.10±0.02	0.03±0.03	5.99±0.63	1.65±0.007	1.58±1.79
	<i>Sparus aurata</i>	1.02±0.01	0.14±0.007	0.12±0.002	4.62±0.007	2.33±0.007	1.11±0.36
	<i>Mugil cephalus</i>	1.59±0.42	0.35±0.17	0.08±0.01	6.65±5.23	1.85±0.11	1.19±0.44
Estuaire du bas Loukkos (Maroc)	<i>Barbus callensis</i>	0,46±0,47	0,15±0,02	0,02±0,01	0,78±0,08	0,65±0,10	0,06±0,03

En fait le foie et les branchies contiennent des protéines particulières ;les métallothionéines, qui fixent de nombreux métaux, comme le cadmium et le plomb. Ceux-ci peuvent être libérés dans l'organisme lors de la dégradation des protéines (El morhit ,2009). Ainsi que L'accumulation des métaux lourds dans le foie et les branchies peut affecter de divers paramètres biochimiques du foie et des branchies en altérant leur fonctionnement (Vinodhini.,Narayanan.,2008).

Conclusion et perspectives

Conclusion :

Afin d'évaluer la bioaccumulation du plomb et du cadmium dans deux espèces des poissons ; *Barbus barbuis* et *cyprinus carpio* du lac barrage de Beni Haroun , une méthodologie allant de la collecte des échantillons en passant par la caractérisation physicochimique, l'extraction et l'analyse des métaux lourds par spectrophotomètre d'absorption atomique(SAA)a été appliquée.

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau et les sédiments ont permis la mise en évidence d'une pollution de ces deux compartiments par le plomb et le cadmium. Un tel résultat est attribué aux différents rejets urbains déversés dans le barrage d'un côté et au lessivage des terrains agricoles et des décharges sauvages situés au bassin versant d'un autre côté.

Les niveaux des concentrations du plomb et du cadmium enregistrés dans les sédiments sont plus élevés à ceux observés dans les eaux. Cela est dû à la nature alcaline des eaux du barrage.

Pour les poissons, les résultats obtenus montrent la présence du Pb et du Cd dans les différents organes à savoir les branchies, le foie et la chair. Avec des valeurs du plomb qui dépassent largement la valeur guide préconisée par CEE ; soit 19 fois pour l'espèce *Barbus barbuis* et 20 fois pour l'espèce *cyprinus carpio*.

Les teneurs en plomb et en cadmium enregistrées au niveau des branchies et du foie sont plus élevées à celles observées au niveau de la chair. En effet les branchies et le foie représentent des sites préférentiels d'accumulation des métaux lourds.

Dans tous les cas, la présence des éléments traces métalliques dans les eaux, les sédiments et dans les poissons du Barrage de Beni Haroun constitue un facteur de risque toxicologique non seulement pour la vie de ces espèces aquatiques, mais aussi pour l'homme qui est le consommateur supérieur au bout de la chaîne alimentaire.

Cette situation nous pousse à poser la problématique de lutte. Ainsi, nous recommandons quelques scénarios d'intervention :

La restauration de ce barrage impose un plan de réaménagement reposant sur l'emplacement des réseaux d'assainissement permettant de joindre les eaux de rejets aux collecteurs généraux, , ou la construction de canaux tout le long des rives des oueds alimentant le barrage pour regrouper toutes les eaux rejetées, les canaux pourront acheminer à l'aval, vers des stations d'épuration qui seront construites.

Pour remédier au lessivage agricole, l'utilisation des engrais doit être remplacée par les boues d'épuration et les composts.

Il est également nécessaire que l'état impose son autorité au secteur industriel pour qu'il respecte la réglementation en vigueur en matière de protection et de respect de l'environnement.

Des mesures d'encouragement sont souhaitables pour pousser les industriels à moderniser leurs procédés industriels, Pour qu'il soit plus écologiques ,Il faut aussi que le ministère de l'environnement et de l'aménagement de territoire se dote d'une police écologique composée de personnel technique hautement qualifié et très bien équipé pour faire appliquer la loi.

Il est également primordial d'adopter une politique de trie des déchets et ordures et leurs Recyclage (collectes des piles batteries, matériaux plastique, pneus des véhicules.....).

Nous envisageons en perspectives :

- Etudier la bioaccumulation des métaux lourds dans les autres organes à savoir les gonades. le rein. Le cœur. et les os.
- De faire une étude écotoxicologique sur d'autres espèces des poissons introduites dans le barrage et qui peuvent êtres pris comme des indicateurs de la pollution.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

Adriano D C, (2001).Trace elements in terrestrial environments; Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer- Verlag, New York.

Agence de l'eau de Loire Bretagne , (2003). Le prélèvement d'échantillon en rivière Techniques d'échantillonnage en vue d'analyse physicochimiques, Guide technique.

Agence nationale du barrage Beni Haroun(A.N.B.T),(2012).

Al Abidi E,(2000). The impact of lead pollution on the environment of Rabat-Salé (Morocco). thèse de doctorat,320p.

Allardi J .(2001).Fich as « biological indicator » of the state of aquatic ecosystem .CEMARCREF division qualité des eaux ;Paris, **52**,p : 57-59.

AllowayB.J,(1990).Metal Pollution in the Aquatic Environment .Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York ,**5**,p : 63-65.

Annabi A, Messaoudi I, Kerkeni A,et Said K, (2008). Comparative study of the sensitivity to cadmium of two populations of *Gambusia affinis* from two different sites. *Environment Mo(2003), nitroing and Assessment*, doi: 10.1007/s10661-008- 0448-6.

Association Française de Normalisation (AFNOR),(1998). Qualité du sol. Description du sol, p:3- 31.

Audry S, (2003). Bilan géochimique du transport des éléments traces métalliques dans le système fluvial anthropisé Lot-Garonne-Gironde ; thèse de doctorat spécialité Géosciences. Sciences de l'environnement, L'université Bordeaux

Ben Bouih H, Benabdellah M.Z and Srhiri A, (1999) .Contribution à l'étude de l'adsorption du phosphore sur les sédiments de l'estuaire de Sebou au Maroc . *Revue africa Geoscience , 5* : 283- 289

Bent J,Muus, (2003).guide des poissons d'eau douce et de pêche.5ème édition ,paris,p :114-136-138

Biney Ch, Amazu A T, Calamari D, Kaba N, Mbome I L, Naeve H, Chumba O, Osibanjo O, Radeconde V, Massad A H S, (1991). Etude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique africain. Rapport de la troisième session du groupe de travail sur la pollution et les pêches Accra. Ghana, p : 25-29.

Bis ,1991. Drinking water specification IS:1 0500:1991. Bureau of Indian Standard, New Delhi.India, p: 13-14

Bisson M, Hulot C, Lacroix G, Lefèvre J.P, Magaud H , Oberson-Geneste D, Morin A et Pépin G, (2003). Plomb et ses dérivés, P : 90.

Bliefert C , Perraut R, (2003) .Chimie de l'environnement Air. Eau. Sol, édition de beoeck, p : 65-75

- * **Boucheseche C, Cremille E, Pelte T et Pojer K,(2002).**Guide technique n°7, pollution toxique etécotoxicologie : notion de base. Lyon, Agencede l'eau Rhône – Méditerranée – Corse, p:83.
- ***Boucheseiche C, Cremille E , Pelte T et Pojer K , (2002).** Quand les toxiques se jettent à l'eau ; Guide technique n° 7 – Pollution toxique et éco toxicologie - Notions de base,p : 3-5
- Boukrah H,(2008)** .Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants. Thèse de doctorat, Université de Skikda, p :58-64.
- Brallier S. Harrison R.B., L.Henry C and Dongsen X. (1996).**Liming effects on availability of Cd. Cu. Ni and Zn in a soil amended with sewage sludge 16 years previously; *Water. Air and soil Pollution*, **86**:195- 206.
- Bowman J.J., Harlock S. (2000).**The spatial distribution of characterized fly-ash particles and trace metals in lake sediments and catchment mosses: Ireland, *Water Air Soil Pollution*. **106** :263.
- Callahan M.A, Slimak M.W, Gabel N.W, May I.P and Fowler C.F, (2002).**Water- related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants,**79** :320.
- Casas Stellio , (2005).** Modilisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moules , *Mytllus galloprovincialis*,en milieu méditerranéen. Thèse de doctoratp ,139.
- Chellé F, Dellale M , Dewa Chter M et Mapakou F, (2005).**Epuration des eaux usées pourquoi et comment épuré ? (Festival de science) , p :320.
- Chen, M.H, Wen D.J and Chen C.Y, (1999).** Reproduction and estuarine utilization of the grey mullet, *Liza macrolepis* (Smith, 1846), in the area of Kaohsiung Harbor, Southern Taiwan. *Fisheries Science* **65**: 19-21.
- Chevreuil M ,Allardi J ,(1995)** .Contamination of fish from different areas of the river Seine (France)by organic(PCB and pesticides)and metallic(Cd ,Cr,Cu,Fe,Mn,Pb and Zn)micropolluants. *The Science of the Total Environmen*, **162**:31-42.
- Colin M. S, (2004).** Localisation, distribution et mobilité des ETM dans des sols développés sur roches basaltiques en climat tempéré. Thèse de doctorat spécialité Matériaux – Minéraux. Ecole Doctorale Science – Technologie – Santé,p :28-36
- * **Cuita A, (2003).** Impact de la bioturbation des sédiments sur les transferts et la biodisponibilité des métaux : Approches expérimentales. Thèse de doctorat, université de Bordeaux, **437**: 25-32.
- Das P, Samantaray S, Rout R,(1997).** Studies on cadmium toxicity in plants: a review *Environ Pollut* ,**98** : 29-36.

- Debieche T.H, (2002).**Evolution de la qualité des eaux (salinité. azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution agricole et industrielle. Thèse de doctorat en hydrogéologie de l'environnement ,Université de Franche- Comté, p : 115-131.
- Dehaine C, (1992).**DESS Gestion des ressources naturelles. Option génie de l'environnement ,contamination métallique et microorganisme des poissons d'eau douce .agence de l'eau Artois-Picardie/mission écologie du milieu, p :25.
- Descamps T,Benzaazoua M Belem T. et Mbonimpa M, (2006) .** Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide cas de stabilisation des sols contaminées et déchets industrielles , *Vertigo la revue de science de l'environnement.* **07** : 1- 10.
- Devallois V, (2006) .**Modélisation de la mobilité des métaux lourds dans les cours d'eau échanges solide- liquide. Thèse de doctorat, p : 19-20-21.
- Duchofour P H, 1997.**Abrégée de pédologie sol végétation et environnement, 5^{ème} édition Masson,p :99.
- El Abidi. A,(1997).** Mémoire sur l'Impact de la pollution du Plomb sur l'environnement de Rabat- Salé, p : 98.
- El Morhit M, (2009).** Évaluation de la pollution métallique de la côte atlantique marocaine (port laâyoune, foug l'oued et laâsilia). Diplôme d'Etudes Supérieures Approfondies, Université Ibn Tofail, Faculté ès sciences Kenitra, Maroc, p : 76.
- El Morhit M, (2010).**Contamination métallique des muscles de cinq poissons de l'estuaire du Basloukkos (cote atlantique marocaine).Thèse de doctorat, p :28-32.
- ✧ **Emillian K ,(2009).**traitement des pollutions industrieles. Dunod,Paris ,**2** :22-23.
- Errahmani D, (2009) .**Etude de la pollution et de la géochimie par les métaux et les radioéléments dans les sédiments de la baie d'Alger. Thèse de doctorat, p : 79
- Fustec E,Chesterikof A,Mouchel M.J et Cheveruil M, (2000).**Fonctionnement et valeur des zones humides . Édition DUNOD, paris, p : 48.
- † **Garric J,(1994) .**Les testes de toxicité précoce-résumé- séminaire national « les variables biologiques : les indicateurs de l'état de santé des écosystèmes aquatiques » .ministère de l'environnement , Paris, p :107-109
- Gaujous G ,(2003).** la pollution des milieu aquatique. p: 62-67
- ✧ **Girard P, (1998) .**Recherche des micropolluant dans les poissons : optimisation des protocoles .Bulletin des GTV, p:61-66
- Gouy V, Roulier J, (2003) .**Partage eau sédiment des micropolluants : Qualité et gestion des sédiments d'eau douce éléments physicochimiques et biologiques. p : 193- 199

Hammi H, (2010). La pollution des eaux par les métaux lourds. thèse de doctorat, Université de Tunisie, **158**:15-16.

Hoss S, Henschel T, Haitzer M, Traunspurger W and Steinberg C.E.W,(2001).Toxicity of cadmium to *Caenorhabditis elegans* (Nematoda) in whole sediment and pore water - The ambiguous role of organic matter, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **12** :2794- 2800.

Hu"lya Karadede Seyit Ahmet Oymak and ErhanU" nlu, (2004). Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from The Atatu"rk Dam Lake (Euphrates). Turkey, *Chemosphere*, p: 41:137.

Jaskson RE, (1980). pollution et protection des aquifères. édition UNESCO, p :54-58

Jérôme C, Petit J, (2006). Spéciation et Biogéochimie des métaux dans les milieux estuariens (estuaire de l'Escaut) Synthèse bibliographique .Université Libre de Bruxelles – dept. Of Earth & Environmental Sciences – Isotopes Petrology & Environment , p :78-79

Khassouani E.C, Soulaymani R , Allain A, (1997).Etude de l'imprégnation saturnine des habitants de la région de Rabat (Maroc).P :67

Kakkar P, Jaffery F.N, (2005). Environmental , Toxicology and Pharmacology. **19**:335-349.

Katemo Manda B , (1998).Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo). P :134

Kelderman P, Osman A.A, (2007). Effect of redox potential on heavy metal binding forms in polluted canal sediments in Delft (The Netherlands). UNESCO-IHE Institute for Water Education, P.O. Box 3015, 2601 DA Delft, The Netherlands, journal homepage,**41**: 4251 – 4261

Kidwell J.M ,Phillips L.J et Birchard G.F.(1995).Comparative analysis of contaminant levels in bottom feeding and predatory fish using the national contaminant biomonitoring program data.*Bull, environ, contam, toxicol*, P :919-923.

Kucuksezgin F , Uluturhan E et Batki H, (2008). Distribution of heavy metals in water, particulate matter and sediments of Gediz River (Eastern Aegean). *Environ. Monit, Assess*,**14** :21, 22.

Kunwar P, Singh A, Dinesh Mohan,, Vinod K, Singh A et Amrita Malik,(2005). Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments—a tributary of the Ganges, India, *Journal of Hydrology*, **312**:14–27.

Leclerc E, (1995).Etude de la toxicité de la chair des poissons d'eau douce pour les consommateurs et non pêcheurs .CSP-ENGREF, P : 82.

Lenhardt, (2010). *Journal microchimique*. **95**, pp341-344.

- Mathieu C, Piethains F,(1998).** Analyse chimique des sols : Méthodes choisies .Edition Tec et Doc Lavoisier, P : 387.
- Mebarki A, (1984).**Le bassin du Kébir- Rhumel (Algérie): Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau . thèse doctorat , 3^{ème} cycle, Université de Nancy II , édition MEBARKI A., Ressources en eau et aménagement en Algérie., Le bassin du Kébir-Rhumel., Office des Publications Universitaires, P : 83.
- Meltem Dural ,Ziya M , Lugal Goksu and Argum Akif Ozak ,(2007).**Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon.Food Chemistry ,**102**:415-421.
- Mermut A.R, Jain J.C, Song L, Kerrich R, Kozak L and Jana S,(2004).**Trace element concentrations of select soils and fertilizers in Saskatchewan. Canada, **25** : 845- 853.
- Miquel G, (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et Technologiques, P: 68- 79.
- Nollet P, (1996)** .Problème de l'environnement : dires d'experts. Entrepris ,p : 26
- Noppe Karine, (2000).**Contamination métallique des sédiments des cours d'eau du bassin Artois-Picardie et son impact sur la contamination des chairs et des foies de poissons.thèse de doctorat,Université de Lille, p :68-69
- Paramelle C, (1996).**Contribution à l'étude de certains micropolluants dans les poissons de la Saône et du Rhône : analyse de données de dosage, p :14-16
- Pichard A, Bison M, Diderich R ,Doomaert B, Lacroix G, Lefevre J. P, Leveque S, Magaud H, Morin A, Oberon D, Pepin G et Tissot S, 2003.** Plomb et ses dérivés, P : 90
- Pichard A, Bison M, Diderich R, Doomaert B, Lacroix G, Lefevre J. P, Leveque S, Magaud H, Morin A, Oberon D, Pepin G et Tissot S, (2005).** Cadmium et ses dérivés, p 60.
- g. **Ramade F, (1992).** Précis d'écotoxicologie , p : 156
- g. **Ramade F, 1998.** Dictionnaire encyclopédique des science de l'eau et des science de l'environnement .parie, FRA,p : 785
- g. **Ramade F ,(2000).** Dictionnaire encyclopédique des polluants. Paris, p : 76 -128-404
- Ramade F, (2002).** Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement. 2^{ème} édition, DUNOD
- g. **Ramade F,(2006).**Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement. 6^{ème} édition, DUNOD, Paris, p :125

- Raven K. P, Leoppert R.H,(2000).** Trace element composition of fertilizers and soil Amendments . *Enviro* , **26** :551- 557 .
- ✧ **Rejesk F , (2000).** Analyse des eaux Aspects règlementaires et techniques . édition CRDP d'aquitaine, Se Scren paris , p : 200
- Réseau National d'Observation de la qualité du Milieu Marin (RNO), (2005).** Surveillance du Milieu Marin .Institut Français de recherche pour l'exploitation de la mère, p : 1- 36
- RidaA,(2000).** Ecotoxicologie des métaux lourds, Mise au point bibliographique, contamination métallique de l'Oued tensitt(region de Marrakech).Thèse de doctorat ,de 3ème Cycle,p :65 -66-68
- Rodier, (2005).** Analyse de l'eau naturelle et des eaux résiduaires et eaux de mers . 8^{ème} édition DUNOD, Paris
- Serpaud B, R Al- Shukry R, Casteignau M et Matejka G, (1994) .** Adsorption des métaux lourds (Cu.Zn.Cd et Pb) par les sédiments superficiels d'un cours d'eau rôle du pH, de la température et de la décomposition du sédiment *revue de science de l'eau*. **07** : 343- 355
- Singer P C,(1997).** Influence of dissolved organics on the distribution. transport. and fate of heavy metals in aquatic systems *In* Förstner U, & Wittmann G.T.W, Pollution
- Sobhi Y, 1997.**Toxicologie des métaux lourds chez les organismes aquatiques: aspects environnementaux et expérimentaux .thèse de doctorat, université de Fès, Maroc,p :300
- ✧ **Station météorologique du barrage de Beni Haroun , 2011**
- Tamashiro H, Arakaki M, Futatsuka M and Lee E. ,(1986).**Methylmercury exposure and mortality in southern Japan a close look at causes of death, *p:66*
- Thieffry N,(1992).**Etude de la contamination par les métaux lourds des chaînes alimentaires de l'Aa (Aa rivière et canaux Nord Pas de Calais)., Recherche de métalloprotéines complexant le zinc chez l'Hirudinée *Erpobdella octoculata.*, DEA de Toxicologie de l'Environnement,Université de Metz, France, p :89-91-98.
- Vernet JP, (1992) .**Impact of heavy metal on the environment,vol 2 :Trace metal in the environment .Elsevier Sciences Publishers ,P:439
- Vindimian E, Garric J (1993).**Bioessai et bioindicateurs de toxicité dans le milieu naturel. P : 53
- Vinodhini R, Narayanan M, (2008).** (International. J. Entourer. Sci. Technologie.) **5** :179-182.

Zeggar S, (2002). Comparaison des profils des métaux lourds dans deux carottes prélevées à Alger et à Jijel. *Thèse de magister, ISMAL*,p :18-21

Zeljka K, Visnjic-Jeftic Ivan, Jaric A, Ljubinko Jovanovic A, Stefan Skoric A, Marija Smederevac-Lalic A, Miroslav Nikcevic A et Mirjan Lenhardt,(2010). *Journal microchimique*, **95**: 341-344.

Who, 1993. Guide lines for drinking water quality Recommendations, Seconded, World Health Organization. Geneva, 1:17.

Annexes

ANNEXE 01 : COURBES D'ETALONNAGES

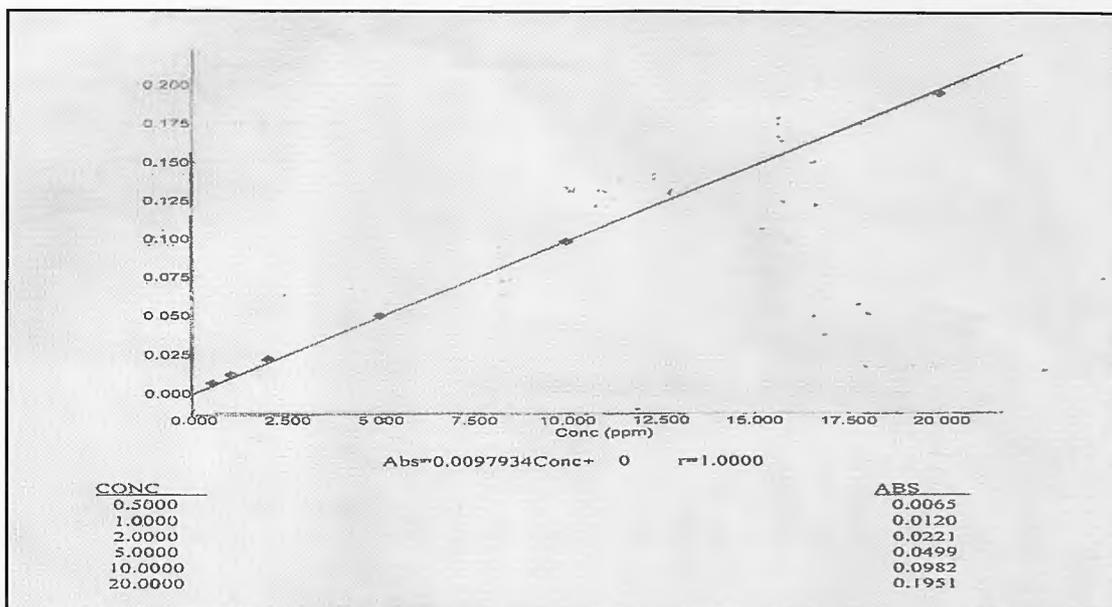
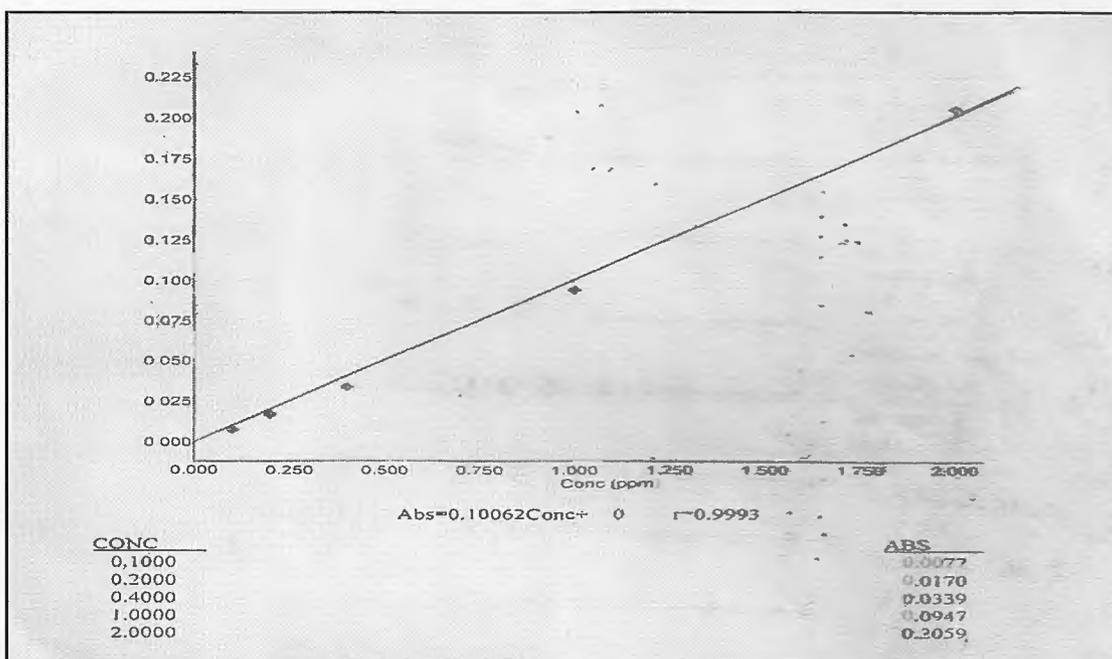
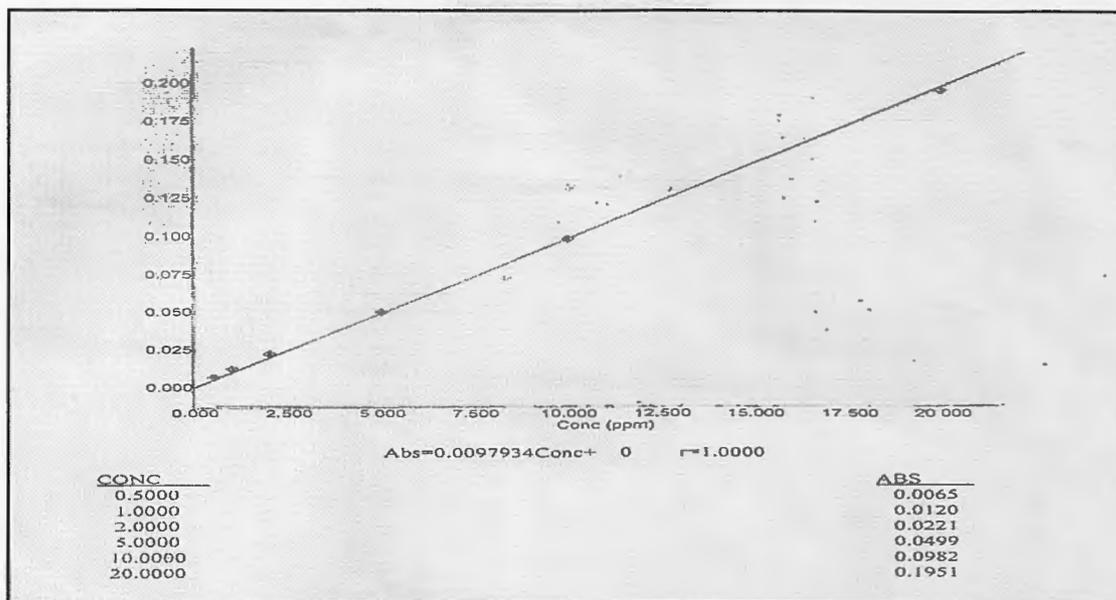
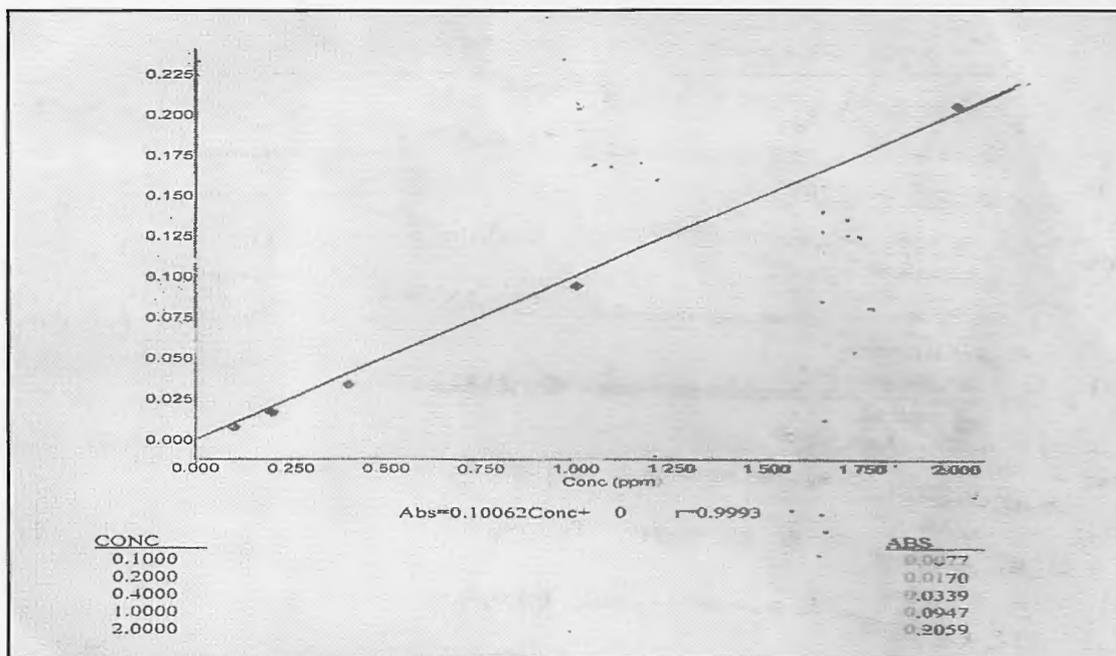
Figure01 : Courbe d'étalonnage du plomb dans *Cyprinus carpio*Figure02 : Courbe d'étalonnage du cadmium dans *Barbus barbus*

Figure03 : Courbe d'étalonnage du plomb dans *Barbus barbuis*Figure04 : Courbe d'étalonnage du plomb dans *Cyprinus carpio*

ANNEXE 02 :ANALYSES STATISTIQUE**Tableau 0 1:** variabilité spatiale de la T °C dans les eaux du barrage de Beni Haroun :analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
T(°C)moyennes	23,26667	23,4	25,66667	25,56667	23,46667
Variance	0,00333	0,01	0,01333	0,00333	0,04333
Répétition	3	3	3	3	3
F	308,90909				
P	1,98737E-10				

Tableau 02 : Variabilité spatiale de pH des eaux du barrage de Beni Haroun : analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
PH moyennes	8,58333	8,59	8,74333	8,82	8,55333
Variance	0,00643	0,0027	0,03293	0,02233	0,00543
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	2,93768				
P	0,07603				

Tableau03 : Evolution spatial de la conductivité électrique dans le barrage Beni Haroun analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
CE moyennes	579,66667	115,33333	1223,33333	1050	1106,66667
Variance	112,33333	82,33333	33,33333	30,03	33,33333
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	5691,44299				
P	1,11022E-16				

Tableau 04 : Variabilité spatiale du Cadmium des eaux de barrage de Beni Haroun :analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
moyennes (Cd)	139	3	17.93333	8	10,9
Variance	4	3	8.70333	1	3,61
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	2480.78602				
P	6.21725E-15				

Tableau 05 : Evolution spatiale de plomb dans les eaux du barrage Beni Haroun :analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
moyennes (Pb)	338	388	367.6	439.1	134.9
Variance	1	1	0.01	0.0075	0
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	101759.5316				
P	0				

Tableau06 : Distribution spatial de pH dans les sédiments du barrage de Beni Haroun :analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
PH moyennes	8,27	8,36	8,09	8,13	8,1
Variance	0,0049	3E-4	4E-4	7E-4	1E-4
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	33,39844				
P	9,25782E-6				

Tableau07 : Distribution spatial de la conductivité électrique des sédiments du barrage de Beni Haroun :analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
CE moyennes	258,33333	310	590	290	240
Variance	8,33333	7	19	31	1575
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	188,70148				
P	2,26797E-9				

Tableau08 : Distribution spatiale de la matière organique dans les sédiments du barrage de Beni Haroun :analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
MO moyennes	10.6	9.5	3.8	12.5	10.4
Variance	0.09	0.19	0.01	0.21	0.07
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	285.60526				
P	2.93051E-10				

Tableau09 : Distribution spatiale de la capacité d'échange cationique dans le barrage de Beni Haroun :analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
CEC(méq/100g) moyennes	8,5	14,00667	12,62	13,1	12,48333
Variance	0,04	0,02963	0,0112	0,0139	8,33333E-4
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	706,46634				
P	3,26172E-12				

Tableau10 : Evolution spatiotemporelle de calcaire total dans les sédiments du barrage de Beni Haroun analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
CaCo3(%)moyennes	58	43	7	40	28
Variance	37	1	1	21	7
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	81,20149				
P	1,39072E-7				

Tableau11 : Evolution spatiale des teneurs du cadmium total dans les sédiments du

Barrage de Beni Haroun analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
Moyennes(Cd)	0.1	0.15	0.15	9.29	1.10667
Variance	4E-4	1E-4	1E-4	7E-4	1.33333E-4
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	168148.80233				
P	0				

Tableau12 : Evolution spatial des teneurs de plomb total dans les sédiments du

Barrage de Beni Haroun analyse de variance

stations	St 1	St2	St 3	St 4	St 5
Moyennes(Pb)	32,67	51,05	38,29	44,42	119,98
Variance	1.7445E6	7.66272E6	2.39269E6	5.80178E6	4.23286E7
Répétition(N)	3	3	3	3	3
F	2.48076				
P	0.06975				

Tableau13 : Concentration du cadmium dans la chair de l'espece *Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio* test student

Espaces	Cd (ppm)	
	Carpe (chair)	Barbeau (chair)
Moyenne	0.105	0.17
S	0.00452	0.01167
Répétitions	4	
T	1.0219	
P	0.34625	

Tableau14 :Concentration du cadmium dans le foie de l'espece *Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio* :test student

Espaces	Cd (ppm)	
	Carpe (Foie)	Barbeau(Foie)
Moyenne	0.1225	0.4975
S	0.00109	0.01589
Répétitions	4	
T	5.75506	
P	0.0012	

Tableau15 : Concentration du cadmium dans les branchies du *Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio* : test student

Espaces	Cd (ppm)	
	Carpe (Branchies)	Barbeau(Branchies)
Moyenne	0.1225	0.4975
S	0.00109	0.01589
Répétitions	4	
T	5.75506	
P	0.0012	

Tableau16 :Concentration de plomb dans la chair de l'espèce du *Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio* :test student

Espaces	Pb (ppm)	
	Carpe (Chair)	Barbeau(Chair)
Moyenne	5.8025	5.675
S	11.07923	0.9723
Répétitions	4	
T	0.07345	
P	0.94383	

Tableau17 : Concentration de plomb dans le foie de l'espèce du *Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio* : test student

Espaces	Pb (ppm)	
	Carpe (Foie)	Barbeau(Foie)
Moyenne	6.95	6.8275
S	10.67593	0.97442
Répétitions	4	
T	-0.07178	
P	0.94511	

Tableau18 : Concentration de plomb dans les branchies de l'espèce du *Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio* :test student

Espaces	Pb (ppm)	
	Carpe (Branchies)	Barbeau(Branchies)
Moyenne	10.5175	7.335
S	20.80502	17.3697
Répétitions	4	
T	-1.03017	
P	0.34265	

Tableau19 : Concentration du Pb et du Cd entre les males et les femelles de l'espece *Barbus barbuis* : test student

Organes	Cd (ppm)			Pb (ppm)		
	Foie	branchies	Chaire	foie	branchies	Chaire
Males	0.505±0.04	0.42±0.42	0.22±0.14	7.275±1.44	5.23±4.87	5.61±1.26
Femelles	0.49±0.21	0.68±0.36	0.12±0.07	6.38±0.72	9.44±3.25	5.74±0.90
Répétitions	2	2	2	2	2	2
S (males)	0.00245	0.18	0.02	1.60205	23.805	2.0808
S(femelles)	0.045	0.1352	0.005	0.5202	10.58	0.8192
T	-0.09738	0.65493	-0.89443	-0.86884	1.01534	0.10796
P	0.9313	0.57977	0.46548	0.47653	0.41679	0.92388

Tableun20 : Concentration du Pb et du Cd dans les males et les femelles de l'espece *Cyprinus carpio* : test student

Organes	Cd (ppm)			Pb (ppm)		
	Foie	branchies	Chaire	foie	branchies	Chaire
Males	0.11±0.04	0.255±0.19	0.12±0.06	4.335±2.17	11.48±6.85	4.335±4.68
Femelles	0.135±0.4	0.145±0.03	0.085±0.08	7.27±2.70	9.555±3.41	7.27±1.62
Répétitions	2	2	2	2	2	2
S (males)	2E-4	0.03645	0.005	21.97845	47.045	21.97845
S(femelles)	0.00245	0.00125	0.00845	2.645	11.66445	2.645
T	0.6868	-0.80119	-0.4268	0.83647	-0.3553	0.83647
P	0.56315	0.50708	0.71108	0.49091	0.75634	0.49091

Tableau21 : Résultats statistique de l'ANOVA entre les différents organes de *Barbus barbuis* et *Cyprinus carpio*.

Organes	F	p
Cyprinus carpio (foie, branchies,chair) males (Cd)	0.88114	0.49999
Cyprinus carpio(foie,branchies,chair) femelles(Cd)	0.55483	0.6237
Barbus barbuis (foie, branchies,chair) males(Cd)	0.63448	0.58911
Barbus barbuis (foie, branchies,chair) femelles (Cd)	2.59469	0.22172
Cyprinus carpio (foie, branchies,chair) males (Pb)	1.08279	0.44259
Cyprinus carpio (foie, branchies,chair) femelles (Pb)	1.62516	0.33253
Barbus barbuis (foie, branchies,chair) males (Pb)	0.25825	0.78798
Barbus barbuis (foie, branchies,chair) femelles(Pb)	1.96849	0.2844

Soutenue publiquement par : Balehouane Akila ,
Keskas Rima

Encadreur : M^{elle} Habila S

Bioaccumulation du Plomb et du Cadmium par deux espèces de poissons (*Cyprinus carpio*, *Barbus barbatus*) du barrage Beni Haroun (Wilaya de Mila)

RESUME

Afin d'évaluer le degré de la bioaccumulation du cadmium et du plomb chez deux espèces de poissons ; *Cyprinus carpio*, et *Barbus barbatus* du barrage Beni Haroun. Une étude détaillée a été effectuée sur trois compartiments: les eaux, les sédiments, et les poissons. Pour l'eau et les sédiments, une campagne de prélèvement a été effectuée durant le mois de Mai (2012) au niveau de cinq stations. Les échantillons des eaux font l'objet des mesures *in situ* (température, pH, et conductivité électrique) et d'analyse au laboratoire (dosage du Cd, et du Pb). Les échantillons des sédiments ont fait l'objet d'une caractérisation physicochimique au niveau de laboratoire (pH, CE, MO, CaCO₃ et CEC), et de dosage des métaux lourds (Cd, et Pb).

Pour les poissons un dosage du cadmium et du plomb a été effectué au niveau de trois tissus (foie, branchies, et la chair) chez deux espèces (*Cyprinus carpio*, et *Barbus barbatus*). Les résultats ont montré que les concentrations du plomb et du cadmium sont plus élevée dans les sédiments que celles dans les eaux. Les teneurs en cadmium dans les deux espèces restent inférieures à la valeur guide préconisée par la commission économique européenne qui est de l'ordre de 0,5µg/g, par contre les teneurs en plomb dépassent largement la norme CEE qui est de l'ordre de 0,3µg/g. Pour les deux espèces, les concentrations les plus élevées sont observées au niveau du foie et des branchies qui représentent des sites préférentiels d'accumulation des métaux lourds.

Mots clés :

Bioaccumulation, cadmium, plomb, *Cyprinus carpio*, *Barbus barbatus*, barrage Beni Haroun, Eau, Sédiments.

ABSTRACT

In order to evaluate the degree of the bio-accumulation of cadmium and lead in two species of fish; *Cyprinus carpio*, and *Barbus barbatus*, and the toxic effects of the ETM on the latter and the human exposing to these heavy metals, a physico-chemical study and a proportioning of heavy metals were carried out on three compartments: water, sediments and fish. For water and the sediments; a campagne for taking away was carried out during the May's month on the level of five stations. The samples of water are the object of *in situ* measurements (temperature, pH and electric conductivity) and of analysis at the laboratory (proportioning, Pb). The samples of the sediments were the object of a physico-chemical characterization on the level of laboratory (pH, EC, MO, CaCO₃ et CEC), and of proportioning of heavy metals (Cd, Pb). For fish a proportioning of cadmium and lead were carried out on the level of three fabrics (liver, gills and flesh) species of the fish (*Cyprinus carpio*, and *Barbus barbatus*).

The concentrations of lead and cadmium are higher in the sediments than those in water. The cadmium contents in the two species remain lower than the value guides recommended by the European economic commission which is about 0,5µg/g, on the other hand the lead contents largely exceed the standard of EEC which is about 0,3µg/g for the two species, the highest concentrations are observed on the level of the liver and the gills. In the end, a confirmation of the contamination of the stopping will be to carry out one using organic the markers of oxydative stress (the SOD, catalase, MDA, GSH), and the metallothionines.

ملخص

لغرض دراسة مدى ظاهرة التراكم الحيوي لكل من الرصاص و الكاديوم عند نوعين من الاسماك (الملتحي و الشبوط) في سد بني هارون , أجرينا دراسة مفصلة في ثلاث اوساط المياه للرواسب و الأسمك بالنسبة للماء و الرواسب. قمنا بخرجة ميدانية خلال شهر ماي (2012) لأخذ عينات من خمس اماكن مختلفة . فيما يخص عينات الماء قمنا بنوعين من القياسات في الميدان (درجة الحرارة درجة الحموضة و الناقلية الكهربائية) وكذلك التحليل المخبري (معايرة الكاديوم و الرصاص).

فيما يخص الرواسب فقد قمنا بتحديد الخواص الفيزيائية و الكيميائية في المخبر (درجة الحموضة الناقلية الكهربائية . المادة العضوية كربونات الكالسيوم بالنسبة للأسمك) تم إجراء معايرة للكاديوم و الرصاص في ثلاث تسعة و قدرة للتبادل الكاتيوني) معايرة للمعادن الثقيلة (الكاديوم و الرصاص (الكبد . الخيشيم و اللحم) في النوعين (الملتحي و الشبوط).

أظهرت النتائج أن تركيز كل من الرصاص و الكاديوم كانت أعلى في الرواسب بالمقارنة مع الماء. مستويات الكاديوم في كلا النوعين هي أقل من قيمة المعيار الذي أوصت به اللجنة الاقتصادية الأوروبية التي تقدر ب 0.5 ميكروغرام/غرام. أما مستويات الرصاص فهي أعلى بكثير من اللجنة الاقتصادية الأوروبية والتي تقدر ب 0.3 ميكروغرام/غرام لكلا النوعين, لوحظ أن أعلى التراكيز متواجدة في الكبد و الخيشيم والتي تمثل مواقع تراكم تفضيلي للمعادن الثقيلة.

الكلمات المفتاحية

التراكم . الكاديوم . الرصاص . الشبوط . الملتحي . سد بني هارون . الماء و الرواسب.