



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie de l'environnement

Par :

Mme BEKKAL Nesrine

Sur le thème

**Contribution à l'analyse des polluants
métalliques chez la carpe de l'oued du village
Tafna - Maghnia (Willaya de Tlemcen)**

Soutenu publiquement le 10 juin 2019 à Tlemcen devant le jury composé de :

M ^{me} LOUHIBI Samira	Pr. U. Tlemcen	Présidente
M ^{me} KAID SLIMANE Nacéra	Pr. U. Tlemcen	Encadreur
Mr BENGUELLA Belkacem	Pr. U. Tlemcen	Examinateur

*Laboratoire de Chimie inorganique et Environnement (LCIE)
BP 119 ,13000 Tlemcen - Algérie*

SOMMAIRE :

Introduction générale.....	8
I-Synthèse Bibliographique.....	10
I-1 Généralités sur la pollution.....	10
I-1-1 Définition de la pollution	10
I-1-2 Origines de la pollution	10
I-1-3 Types de pollution	10
a) Pollution physique	10
b) Pollution chimique	10
c) Pollution biologique	11
I-1-4 La pollution en Algérie.....	11
I-2 Métaux lourds	11
I-2-1 Définition des métaux lourds	11
I-2-2 Origines des métaux lourds.....	12
I-2-3 Etude de quelques métaux	13
➤Fer (Fe)	13
➤Zinc (Zn)	13
➤Cadmium (Cd)	14
➤Plomb (Pb)	14
➤Chrome (Cr)	14
I-2-4 Toxicité des métaux lourds	15
I-3 La bioaccumulation des métaux lourds	15
a)L'assimilation.....	16
b)La bioconcentration.....	16
c)La bioamplification.....	16
I-4 Etude du matériel biologique	16
I-4-1 Description	16
I-4-2 Taxonomie.....	18
I-4-3 Biologie de la carpe	18
I-5 Sédiments.....	19
I-5-1 Caractéristiques chimiques des sédiments	19
I-5-2 Composition des sédiments	19
II- Zone d'étude.....	21
II-1 Localisation géographique.....	21
II-2 Climat de la Tafna.....	24
III- Matériels et Méthode	25
III-1 Biométrie.....	26
III-1 Biométrie	27
III-2 : Indices.....	28

III-3 Relation taille-poids.....	28
III-4 Dissection	29
III-5 Minéralisation des échantillons	30
III-6 Séchage, broyage et tamisage	33
III-6-1 Minéralisation des sédiments	33
III-7 : Dosage des métaux par SAA à flamme	34
III-7-1 Principe	35
III-7-2 Calcul des concentrations	36
III-7-3 SAA Appareillage	36
III-7-4 Propriété de l'appareil de mesure (ALZINC)	37
III-8 Analyse statistique des résultats	37
III-8-1 Analyse de la variance à deux facteur (ANOVA 2)	38
III-8-2 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)	38
III-8-3 Dendrogramme	38
III-8- 4 Corrélation de Pearson	39
IV- Résultats et discussion.....	40
IV-1 Biométrie	41
IV-1-1 Mensurations	41
IV-1-2 Relation taille-poids	42
IV-1-3 Calcul des indices	43
IV-2 Les teneurs en humidité	44
IV-3 Analyses des teneurs métalliques	44
IV-4 Analyse statistiques	52
IV-4-1 Analyse de la variance à deux facteur (ANOVA 2)	52
IV-4-2 Analyse multi variante (AFC)	52
IV-4-3 Dendrogramme	55
IV-4-4 Facteur de corrélation	56
IV-5. Comparaison des résultats avec d'autres études de la Carpe	56
IV-6 Calcul de Facteur d'accumulation	58
IV-6-1 : Analyse multi-variante (AFC)	60
IV-6-2 Dendrogramme	61
IV-7 Discussion	62
V- Conclusion	65
Références.....	67
ANNEXES.....	71
Résumé.....	73

Liste des figures

✓ Figure I-1 : Carpe commune et carpe cuir.....	18
✓ Figure I-2 : Anatomie de la carpe.....	19
✓ Figure II -1 : Localisation géographique du village Tafna et oued Tafna (google Earth).....	22
✓ Figure II-2 : situation géographique du bassin versant de la Tafna.....	24
✓ Figure III-1 : Longueurs mesurées (photo originale).....	27
✓ Figure III-2 : Pesée des individus (photos originales).....	28
✓ Figure III-3 :Trousseau de dissection (photooriginale).....	29
✓ Figure III-4 : dissection des organes (photo originale).....	30
✓ Figure III-5 : Prise du poids humide (photo originale).....	30
✓ Figure III-6 : séchage à l'étuve des échantillons (photo originale).....	30
✓ Figure III-7 : Four à moufle (photo originale).....	31
✓ Figure III-8 : Matériel utilisé pour la filtration des échantillons (photos originales)	31
✓ Figure III-9 : récupération et stockage des solutions minéralisées (photos originales).....	32
✓ Figure III-10 : Organigramme récapitulatif du travail réalisé.....	32
✓ Figure III-11 : tamisage et échantillonnage des sédiments (photos originales).....	33
✓ Figure III-12 : Minéralisation et filtration des sédiments (photos originales).....	34
✓ Figure III-13 : Organigramme récapitulatif du travail réalisé.....	34
✓ Figure III-14 : Appareil de la SAA de l'usine ALZINC (photos originales).....	35
✓ Figure IV-1 : Relation entre la taille et le poids chez les individus de la carpe.....	42
✓ Figure IV-2 : Indices moyens céphaliques (IC), prédorsales (ID), pré-anales (IA) de la carpe pêchée dans l'oued du village Tafna.....	43
✓ Figure IV-3 : Teneurs métalliques dans le muscle de la carpe en fonction des classes de tailles..	45
✓ Figure IV-4 : Teneurs métalliques dans les branchies de la carpe en fonction des classes de taille	47
✓ Figure. IV-5 : Teneurs métalliques dans le foie de la carpe en fonction des classes de tailles.....	49
✓ Figure IV -6 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes (mg/kg) entre les organes (le muscle, foie et les branchies) chez la carpe.....	51
✓ Figure IV-7 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques pour les différentes classes de tailles (<i>la carpe</i>) dans les organes étudiés (muscle, branchies et foie), le poids (P) et la longueur totale (LT).....	52
✓ Figure IV-8 : Dendrogramme d'analyse par groupe hiérarchique des concentrations métalliques (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd).....	54
✓ Figure IV-9 : Facteur de bioaccumulation	58
✓ Figure IV-10 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques chez (<i>la carpe</i>) dans les organes étudiés (muscle, branchies et foie) et les sédiments.....	59
✓ Figure IV-11 : Dendrogramme d'analyse par groupe hiérarchique des concentrations métalliques (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) dans les sédiments et les poissons.....	60

Liste des tableaux

✓ Tableau I-1 : Normes de quelques métaux dans l'eau établis par l'OMS.....	16
✓ Tableau III-1 : Définitions et formules des indices utilisés	28
✓ Tableau III-2 : Longueurs d'ondes des différents métaux.....	35
✓ Tableau IV-1 : Poids et longueurs mesurées par classes de taille.....	41
✓ Tableau IV-2 : Teneurs en eau pour chaque organe.....	44
✓ Tableau IV-3 : Corrélations entre éléments métalliques des organes de la carpe.....	55
✓ Tableau IV-4 : Comparaison des concentrations des métaux lourds chez la carpe avec la littérature...	56
✓ Tableau IV-5 : Moyennes générales des résultats obtenues de chaque métal dans notre étude.....	58
✓ Tableau IV-6 : Corrélations entre les éléments métalliques des poissons et sédiments.....	61

Dédicaces:

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut; tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance. Aussi c'est tout simplement que

je dédie ce mémoire:

A mon très cher mari Mohammed.

A mes parents, beaux parents et grands parents.

A Sofiane, Malak, et Adlane.

A Fatima Lohra, Oussama et Sanaa.

A Sirine, Assia et Manel.

A ma grande famille.

Merci d'être toujours là pour moi.

Nesrine

Remerciement :

ALHAMDULILAH, le tout puissant d'avoir toujours été à mes côtés.

*Je remercie spécialement **Mme KAID SLIMANE Nacéra**, Enseignante au département d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Tlemcen, de m'avoir encadré, dirigé, et orienté durant toutes les phases qui m'ont permis d'élaborer ce mémoire. J'ai apprécié particulièrement son soutien moral, son accompagnement permanent et ses conseils qui m'ont inspiré et encouragé. Je lui présente toute ma considération et mon profond respect.*

*Je remercie vivement **Mme LOUHIBI Samira** de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire et d'être parmi ses honorables membres ainsi que **Mr BENGUELLA Belkacem** pour l'honneur d'examiner ce travail.*

*Je remercie **Mme MOUKHTARI Malika** la responsable du laboratoire chimie inorganique et environnement (LCIE) qui nous a fourni les meilleures conditions et mis dans de bonnes dispositions de travail pour nos recherches durant ces deux années.*

Mes plus vifs remerciements aux ingénieures du laboratoire Valorisation de l'action de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique, pour leur amabilité, et leur aide efficace pendant mon travail.

Je tiens à remercier également la direction de l'usine d'ALZINC-Ghazaouet d'avoir bien voulu m'accueillir dans ses laboratoires ainsi que les techniciens qui m'ont accompagné lors des analyses des échantillons.

Il nous faudra plus d'une occasion pour pouvoir remercier sincèrement nos enseignants au département de chimie faculté de science de l'université de Tlemcen pour leurs efforts constants afin de nous transmettre le savoir.

A mes collègues de Master, avec qui, j'ai eu le plaisir de travailler je leurs présente mes respects les plus profonds.

Merci à tous ceux que je n'ai pas nommée mais auxquels je pense très fort.

MERCI

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

La pollution des systèmes naturels par des métaux lourds entraîne des effets anormaux sur l'équilibre écologique.

Les poissons sont considérés comme largement utilisés pour évaluer la qualité des écosystèmes aquatiques. Ils sont situés au sommet de la chaîne alimentaire. Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus ou moins toxiques, d'origine naturelle ou issue d'activités humaines, soit encore d'eaux trop chaudes. Les effets toxiques des métaux lourds peuvent influencer sur les fonctions physiologiques, les taux de croissance, la reproduction et la mortalité (**Derrag, 2014**).

La pollution par les métaux lourds est un problème d'actualité qui préoccupe toutes les communautés soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à un certain degré de qualité. Ils ne sont pas biodégradables et peuvent être transférés dans les réseaux trophiques ainsi que accumulés dans la matière vivante et produire des effets toxiques, ils sont dits non essentiels (ex : plomb et mercure). Par contre on trouve des métaux qui sont des constituants normaux de l'environnement à l'état de traces, sont dits essentiels (ex : cuivre, fer, zinc,...)

Les oueds font partie des écosystèmes naturels. Depuis des milliers d'années, ils jouent un rôle essentiel pour l'homme, permettent d'assurer leurs besoins vitaux en eau et en nourriture, tout en respectant l'environnement et en garantissant la gestion durable des ressources.

Pour compléter la base de données sur la pollution métallique dans les différents substrats de l'extrême ouest algérien, nous nous sommes intéressés à la bioaccumulation métallique chez un poisson d'eau douce pêché dans l'oued du village Tafna (Maghnia). Ce poisson est consommé par une partie de la population. Il a été recommandé comme espèce bioindicatrice de la pollution par la FAO-UNEP, 1993.

L'objectif de la présente étude est d'évaluer le niveau de la contamination de l'oued du village de la Tafna - Maghnia (Wilaya de Tlemcen) par quelques métaux lourds (Fe, Zn, Cd, Pb et Cr) en choisissant un bio-indicateur, la carpe commune (*Cyprinus carpio*).

Pour calculer le facteur de bioaccumulation, nous avons complété cette étude par l'analyse des mêmes métaux contenus dans les sédiments de ce oued.

Notre travail est divisé en quatre chapitres :

Chapitre I : Apportera une synthèse bibliographique sur la pollution des eaux douces et une description du matériel biologique et des sédiments.

Chapitre II : Décriera la zone d'étude.

Chapitre III : Ce chapitre exposera la méthode et les matériaux expérimentaux utilisés.

Chapitre IV : Sera réservé à la présentation des résultats et leurs interprétations statistiques.

Et à la fin une conclusion et des perspectives clôtureront ce mémoire.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

I-1. Généralités sur la pollution :

I-1-1. Définition de la pollution :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physiologique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles en eau ou autres produits biologiques (**Ramade, 2000**).

I-1-2. Origines de la pollution

Après l'apparition de la vie, le cycle de l'eau a été modifié par son utilisation par la faune et la flore. Les écosystèmes d'eau douce sont victimes de nombreuses sources de pollution, individuelles et collectives. La pollution des eaux douces est due aux activités humaines, aux rejets des déchets domestiques, industriels et agricoles.

I-1-3. Types de pollution :

a. Pollution physique :

On cite la pollution physique quand il y'a des modifications de la structure physique d'un milieu par divers facteurs tels que la radioactivité, la turbidité et les paramètres physico-chimiques tel que le pH et la conductivité.

b. Pollution chimique :

Cette pollution est due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux lourds qui peuvent provoquer des nuisances ou des effets toxiques (**Vila, 1998**). On peut distinguer deux catégories :

• Les micropolluants chimiques organiques ou POP (polluants organiques persistants) comme les hydrocarbures, pesticides, détergents et autres. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et ils peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé humaines (P.N.U.E.1995).

• les micropolluants chimiques inorganiques : les métaux lourds (Galaf et Ghannam, 2003).

c. Pollution biologique :

Elle est due à l'action des micro-organismes, les germes (bactéries, virus, champignons.) provenant des égouts et qui peuvent proliférer à leurs arrivées dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (Berraho, 2006).

I-1-4. La pollution en Algérie :

L'Algérie est classée parmi les pays les plus pauvres en eau douce par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Le pays ne dispose que de 11,5 milliards m³ d'eau renouvelable par an (Babouche, 2018). Parmi ces sources on peut citer plusieurs oued en Algérie comme : oued Rhiou (Relizane) , oued Chlef (Chlef), oued Sigus (Oum el Bouaghi), oued Soummam (Béjaia) et oued Tafna (Tlemcen). Parmi les zones industrielles polluantes dans l'Algérie on peut compter :

- Les usines chimiques (Alzinc de Ghazaouet, Sonatrach d'Arzew, El Hadjar d'Annaba)
- Les usines de cimenteries (Béni saf, Mostaganem)
- Les usines pétrochimiques (Alger, Arzew, Bedjaia, Skikda).

Ces installations provoquant une pollution bactériologique et physico-chimique des eaux.

I-2. Métaux lourds :

I-2-1. Définition des métaux lourds :

Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique dont la masse volumique dépasse 5g/cm³, peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations. Ils sont présents dans l'environnement sous forme de traces comme les oligo-éléments (Fe, Mg, Zn, Cr...) et les plus toxiques sont le plomb (Pb), le mercure (Hg) et le cadmium (Cd).

I-2-2. Origines des métaux lourds :

Les métaux sont naturellement présents dans la biosphère, ils proviennent, d'une part, de l'érosion mécanique et chimique des roches et du lessivage des sols (**Lacoue-Labarthe, 2009**). D'autre part, la contribution d'origine anthropique issue des rejets industriels et domestiques, l'activité minière et les eaux d'écoulement contaminées par les engrais et les pesticides utilisés en agriculture sont autant de sources ayant contribué à l'augmentation des concentrations de métaux lourds dans le milieu aquatique (**Belanger 2007**).

Leur concentration élevée dans l'organisme provoque une « bioaccumulation ». On distingue deux types de métaux : métaux essentiels et métaux toxiques. Les métaux non essentiels ou toxiques ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants, même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd) (**Adriano, 1986 ; Fergusson, 1980**).

- Origines naturelles : comme les autres substances, les métaux sont présents dans notre environnement en quantité plus ou moins importantes, pouvant aller de traces jusqu'au métal pratiquement pur dans certains gisements miniers. Les réserves les plus importantes se trouvent dans les roches et/ou les sédiments (**Chiffolleau et al., 2001**).

- Origines anthropiques : en dehors des concentrations de fond (ou concentrations naturelles), il existe trois sources principales de métaux lourds :

- ❖ Apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides).
- ❖ Résidus industriels et urbains.
- ❖ Retombés atmosphériques.

De ce fait, l'exploitation et l'utilisation des métaux par l'homme peuvent exagérément augmenter leur dissémination dans des écosystèmes qui n'y sont pas exposés naturellement (**INERIS, 2004**). Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent des toxicités.

I-2-3. Etude de quelques métaux :

➤ Fer (Fe):

Le fer (VIII) est un oligoélément indispensable à la vie. Le métabolisme du fer joue un rôle important dans l'organisme, par sa participation à la formation de l'hémoglobine et son rôle dans la respiration tissulaire.

Il intervient dans les constitutions de molécule d'hémoglobine des hématies et des myoglobines des muscles. Naturellement, le fer est fréquent dans les eaux souterraines, abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et d'hydroxydes, il est présent aussi dans les plantes et le sang.

Il provient essentiellement des industries métallurgiques et minières (**Gaujous, 1995**). L'ingestion de grandes quantités de fer produit une hémochromatose, dans cette affection, les mécanismes normaux de régulation n'agissent plus efficacement et il se produit des lésions de tissus par suite d'accumulation de fer (**Ramade, 2000**).

➤ Zinc (Zn) :

Le zinc est oligo-élément entrant dans la composition de nombreuses métallo-enzymes (**Viala et Botta, 2005**). Il est doué de propriétés hermétiques et devient donc toxique à des concentrations relativement faibles (**Ramade, 2000**). Le zinc est présent naturellement dans l'air, l'eau et le sol. Les apports anthropiques de zinc résultent des sources minières industrielles telles que l'exploitation minière la combustion du charbon, des déchets et l'industrie de l'acier, des épandages agricoles et des activités urbaines (**Casas, 2005**). Il provoque diverses lésions tissulaires, en particulier chez les invertébrés aquatiques et chez les poissons. Il retarde également la croissance et perturbe la reproduction de ces derniers (**Ramade, 2000**).

Le zinc intervient dans l'activité de nombreuses enzymes. L'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3g de zinc (**Chiffolleau et al., 2001**).

➤ **Cadmium (Cd) :**

Le cadmium est un métal argenté souple ayant des propriétés physiques très proches du zinc. Ce métal est associé à de nombreux minerais comme le zinc, cuivre, plomb et phosphate. Il a une demi-vie biologique très longue (16 à 33 ans) qui se traduit par une accumulation dans les organes (**Guthrie et Perry 1980**). Les principales sources d'émission anthropogéniques du cadmium sont les industries métalliques et l'incinération des déchets. Le tabac contient également des niveaux élevés de cadmium.

Il est toxique dans l'environnement sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques). Sa toxicité a été observée sur des microbes et des champignons du sol, des insectes, des micro-organismes aquatiques (**KAYALTO, B**). L'absorption du cadmium chez l'homme est faible (environ 5 à 10%). Après son passage dans la barrière intestinale, le cadmium se trouve dans le sang ou il est rapidement distribué dans le foie et les reins et dans une moindre mesure dans le pancréas et la rate. Il inhibe les enzymes contenant du zinc et perturbe la fonction respiratoire (**Ricoux Gasztowtt , 2005**).

➤ **Plomb (Pb) :**

Le plomb est l'un des métaux toxiques présent en grande abondance dans la croûte terrestre et aussi un des polluants métalliques les moins mobiles dans le sol. Il s'accumule dans l'environnement, n'est pas biodégradable et ne perd pas sa toxicité avec le temps. Il est très toxique pour l'homme car il passe facilement dans un organisme et se stocke dans les os ou dans les dents où il peut rester des dizaines d'années (**Links et al., 2001**). Le plomb est absorbé en compétition avec le calcium par des mécanismes assez proches (**Guy et al., 2007**). Il présente une toxicité neurologique, rénale et sanguine.

➤ **Chrome (Cr) :**

Le chrome est un oligo-élément indispensable dans le métabolisme glucidique comme activateur de l'insuline (**Alloway, 1995**). Il y a plusieurs types de chrome qui n'ont pas tous les mêmes effets sur les organismes. Le chrome pénètre dans l'air, l'eau et le sol sous les formes chrome III et chrome VI lors des processus naturels et du fait de l'activité humaine.

Le chrome (III) est un nutriment essentiel pour l'homme. Une carence peut provoquer des problèmes au cœur, des perturbations du métabolisme et du diabète. Mais l'absorption excessive de chrome (III) peut aussi provoquer des problèmes de santé, (éruptions cutanées).

Le chrome (VI) est dangereux pour la santé car il provoque des éruptions cutanées, estomac dérangé et ulcères, problèmes respiratoires, système immunitaire affaibli, dommage au foie et aux reins, altération du matériel génétique, cancer des poumons, mort (**Lennetech.fr**).

I-2-4. Toxicité des métaux lourds :

De manière générale, les métaux lourds ont la propriété de s'accumuler dans l'organisme, ce qui implique dans le long terme d'éventuelles propriétés cancérogènes.

Les métaux essentiels ou oligoéléments sont des éléments indispensables à l'état de traces pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (**Loué, 1993**). Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil, dans le cas où la concentration du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe) dépasse un certain seuil leur présence devient toxique.

Tableau I-I : Normes de quelques métaux dans l'eau établis par l'OMS (**Lennetech.fr**).

Métaux	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Fe	0.5-50 mg/l	Pas de valeur guide
Zn	/	3 mg/l
Pb	/	0.01 mg/l
Cr	< 2 µg/l	0.05 mg/l
Cd	< 1 µg/l	0.003 mg/l

I-3. La bioaccumulation des métaux lourds :

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 (**Casas, 2005, Bodin, 2005**).

C'est donc la possibilité pour une espèce donnée de concentrer un toxique donné à partir du milieu

extérieur. Ces substances non biodégradables vont se concentrer le long des divers maillons de la chaîne trophique.

a. L'assimilation :

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe, par contact (par l'air ou l'eau...) qui provoque un phénomène d'adsorption (la substance toxique reste à la surface) et la voie interne par assimilation ou adsorption.

b. La bioconcentration :

La bioconcentration est le processus par lequel une substance prélevée dans un biotope par un être vivant, va se rencontrer dans l'organisme de ce dernier à des concentrations supérieures que des concentrations de départ.

c. La bioamplification :

La bioamplification correspond au processus de circulation du polluant dans les réseaux trophiques. Tous les êtres vivants possèdent la propriété de stocker, à des degrés différents, dans leurs organismes toutes substances peu ou pas biodégradable, de ce fait les organismes qui ont concentré un polluant, vont servir de nourriture à d'autres espèces animales qui les accumuleront à leurs tours dans leurs tissus **(Ramade, 2011)**.

I-4. Etude du matériel biologique :

I-4-1. Description :

La carpe commune (*Cyprinus carpio*) est une espèce de poissons téléostéens de la famille des cyprinidés. Le nom de carpe peut aussi désigner plusieurs formes mutantes, hybrides et d'élevage plus ou moins domestiquées, par exemple la carpe cuir, la carpe miroir ou Band-Carp, ou la carpe koï qui sont des sous-espèces de poissons **(Balon, 1995)**.

Elle a une peau presque entièrement garnie de grandes écailles épaisses et bien visibles. La tête est conique et massive. La bouche est protractile entourée de lèvres épaisses ; elle est munie de 4 barbillons

dont la paire inférieure est plus longue, tous situés au niveau de la mâchoire supérieure. La bouche est dépourvue de dents visibles. Elle possède des nageoires plutôt épaisses, opaques, souvent légèrement colorées de rouge-orangé et bien développées. La nageoire dorsale est longue, munie d'un rayon osseux t « barbelé » et de rayons plus longs à l'avant. Sa couleur dominante est brunâtre, à reflets dorés ou verdâtres. Sa taille moyenne est de 50 à 60 cm pour 8 kg et peut atteindre 44 kg pour des individus de 1 m environ (**karpeace.com**).



Fig I-1 : Carpe commune et carpe cuir

La carpe se compose de :

- Une bouche peu fendue,
- Une tête forte,
- Un corps écailleux (à relativiser),
- Une nageoire dorsale précédée d'un rayon osseux,
- Une nageoire anale armée d'une forte aiguillon (**Karpeace.com**).

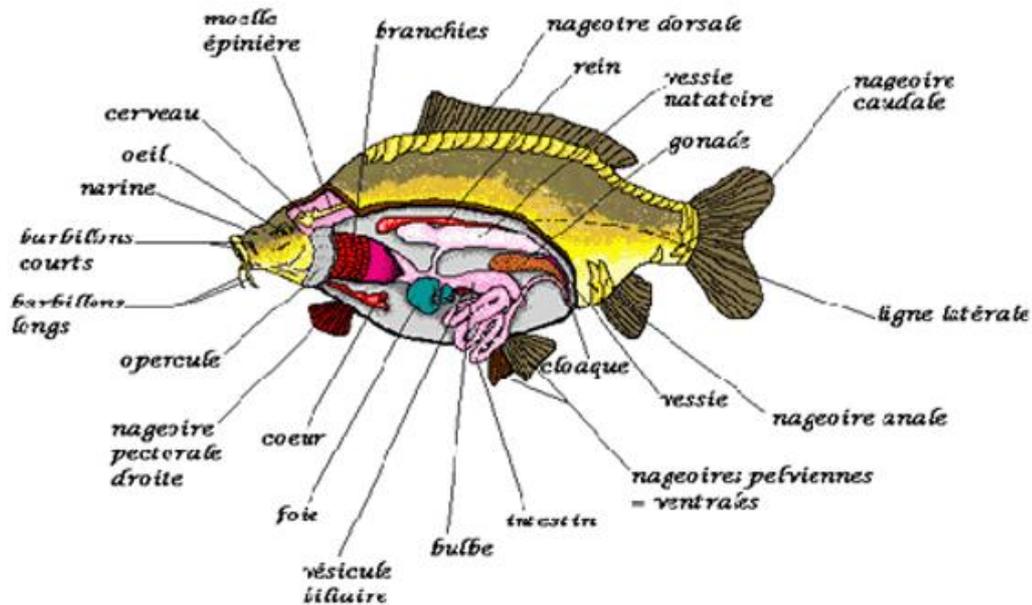


Figure I-2 : Anatomie de la carpe (karpeace.com).

I-4-2. Taxonomie:

- Règne: Animal
- Embranchement: Chordata
- Classe: Actinopterygii
- Ordre: Cypriniformes
- Famille: Cyprinidae
- Genre: *Cyprinus*
- Nom binominal : *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758).

I-4-3 Biologie de la carpe :

La carpe est une espèce caractéristique des eaux stagnantes ou à courant lent, riche en végétation et à fond sablo-vaseux et riche en végétation (Felix et Triska, 1975). La reproduction a en général lieu au printemps en zone tempérée, les œufs sont les plus souvent de petite taille (Billard, 1995). La ponte se fait généralement sous une température de 18 à 20°C (Schlumbeger, 1997). Concernant l'alimentation, la carpe

est une espèce omnivore, opportuniste et benthophage. Elle fouille jusqu'à 15 cm au fond vaseux (**Dostat et al., 1996**). La carpe résiste au milieu pollué. C'est un poisson d'eau chaude **Schlumberger (1997)**, où la température optimale oscille entre 20 et 28°C. La teneur en oxygène dissous est de l'ordre 0,5 mg/l. Elles supportent aussi de fortes et rapides fluctuations thermiques (**Billard, 1995**).

I-5 Sédiments :

I-5-1 Caractéristiques chimiques des sédiments :

Les sédiments sont définis comme « un ensemble constitué par la réunion des particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport ». La sédimentation désigne l'ensemble des processus par lesquels ces particules organiques ou minérales en suspension et en transit cessent de se déplacer (**Foucault et Raoult, 1988**). A cause de leur rôle important dans l'accumulation et la mobilisation des éléments métalliques, les sédiments aquatiques sont de plus en plus reconnus comme des indicateurs de la pollution anthropique (**Förstner, 1989 ; Bryan et Langston, 1992 ; Daskalakis et O'Connor, 1995 ; Salomon et Stigliani, 1995 ; Calamano et Forstner, 1996 ; Maanan, 2003**).

I-5-2 Composition des sédiments :

Le sédiment présente principalement 3 composantes :

-**Eau interstitielle** : correspond à l'eau qui occupe l'espace entre les particules sédimentaires et représente une fraction importante du sédiment (**Forstner, 1987**).

-**Phase inorganique** : Elle est formée de minéraux provenant de l'érosion de l'écorce terrestre et de débris coquilliers. Composée principalement d'argiles, de carbonates et de silicates.

-**Phase organique** : Elle n'occupe qu'un faible volume du sédiment et régule la biodisponibilité d'un grand nombre de contaminants.

Chapitre II :

Zone d'étude

II.1 Localisation géographique :

Nous présentons sur la figure II-1 la localisation géographique de l' oued du village Tafna-Maghnia-.

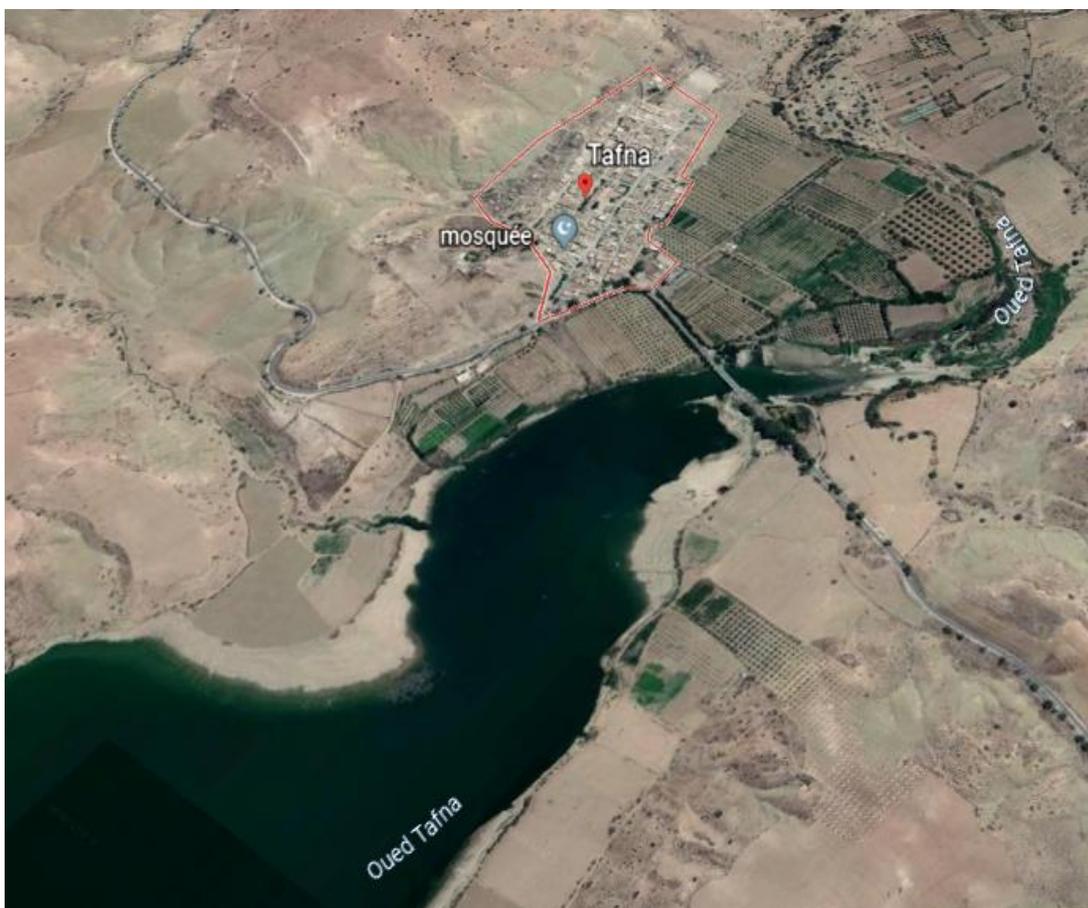


Figure II -1 : Localisation géographique par satellite du village Tafna et oued Tafna (Google Earth)

Le bassin versant de la Tafna, situé au Nord-Ouest du territoire algérien, s'étend sur la totalité de la wilaya de Tlemcen sur une superficie de 7245 km². Selon la nouvelle structuration des unités Hydrologiques en Algérie, le bassin versant de la Tafna appartient à l'ensemble de l'Oranie –Chott Chergui (Fig. 2).

Globalement, le bassin versant peut-être subdivisé en trois grandes parties (Fig. 3) :

- Partie orientale avec comme principaux affluents l'oued Isser et l'oued Sikkak.
- Partie occidentale comprenant la haute Tafna oued Sebdou et oued Khemis.
- Partie septentrionale : qui débute pratiquement de oued Mouilah, village Tafna et s'étend jusqu'à la plage de Rachgoun, embouchure de la Tafna sur la mer. Les oueds Boukiou, Boumessaoud et Zitoun sont les principaux affluents de cette partie.

Les plaines du bassin de la Tafna s'étendent aux pieds des monts de Tlemcen en avant des massifs de Traras et du Tessala. Les monts des Traras au Nord-Ouest dressent une barrière entre le bassin et la mer, ils correspondent à une série de crêtes de direction NE – SW culminant à 1136 m au djebel Fillaoucène. L'oued Tafna est un cours d'eau de 170 Km de long, il prend sa source dans les Monts de Tlemcen. Le cours de cet oued peut se subdiviser en trois parties : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna. **La haute Tafna** : l'oued prend naissance dans les Ouled Ouriach et s'affirme après la jonction d'un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains jurassiques et descend de crêtes atteignant 1500m. Ces ramifications se réunissent aux environs de Sebdou à une altitude d'environ 900 m. A partir de cet endroit et jusqu'à Sidi Medjahed, l'oued suit un cours dans une vallée encaissée creusée dans les terrains jurassiques. Dans cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued Khemis (rive droite) et l'oued Sebdou (rive gauche).

La moyenne Tafna : à partir de Sidi Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin et coule dans une vallée peu profonde dans des terrains plus ou moins argileux. Cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents parmi lesquels certains sont importants :

Sur la rive gauche : les affluents sont moins importants que sur la rive droite, sauf l'oued Mouilah qui est remarquable par son parcours et son débit. L'oued Boukiou, oued Abbas, oued Ourdeffou sont moins importants.

Sur la rive droite : la Tafna reçoit l'oued Boumessaoud, l'oued Zitoun et enfin l'oued Isser, affluent le plus important par son long parcours que par son fort débit. L'oued Isser prend naissance dans les terrains des monts de Tlemcen et s'étend ainsi vers l'Est de la région de la haute Tafna. A son entrée dans le bassin, Il continue au Nord d'Ouled Mimoun par l'oued Lakhdar (Ex : Chouly) (rive gauche) et l'oued Aïn Tellout (rive droite).

Au Nord de la plaine d'Ouled Mimoun, il traverse la petite plaine de El Fehoul. A l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur la rive gauche, un cours d'eau assez important : l'oued Sikkak, descendu du plateau de Terny.

La basse Tafna : le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis les gorges de Tahouaret vers le village de

Pierre Chat jusqu'à la plage de Rachgoun (Méditerranée), sur une distance de 20 Km. (Abderrazak Bouanani.,2004)

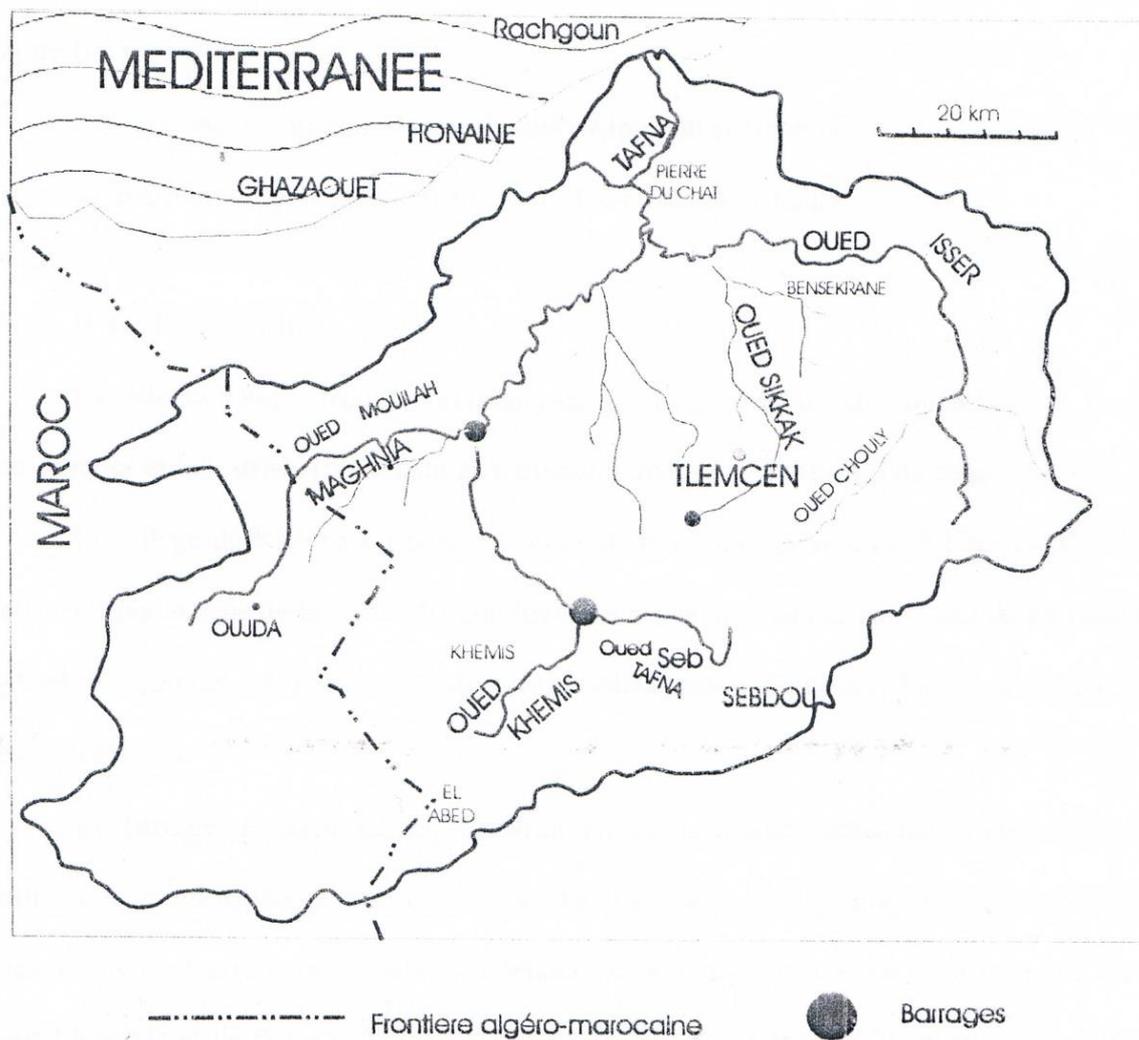


Figure II-2 : Situation géographique du bassin versant de la Tafna (Dali-Youcef,2005)

Le bassin versant de l'Oued Tafna est formé par les reliefs et des zones déprimées, qui s'alternent du Nord au Sud et dont le volume augmente considérablement dans le même sens. Le réseau hydrographique a un tracé général orthogonal même si la Tafna et ses principaux affluents décrivent sinuosité et méandre, sa densité et son abondance augmentent dans le même sens que le volume des reliefs, c'est à dire vers le Sud. Les apports les plus importants et les plus fluctuants pour la moyenne et la basse Tafna, sont observés pendant l'hiver et le printemps, pour le reste de l'année, les apports sont faibles, ou le plus souvent sont alimentés par les rejets d'eaux usées urbaines et industrielles,

comme c'est le cas pour l'Oued Mouilah, où les eaux usées constituent l'essentiel du débit d'étiage. Le bassin hydrographique de la Tafna a une superficie de 7,250 km² et alimente cinq barrages qui sont du plus ancien au plus récent Beni Bahdel (66 Hm³), Meffrouch (15 Hm³), Sidi Abdeli (110 Hm³), Hammam Bouhrara (177 Hm³) et Sikkak (27 Hm³). Les données montrent que les augmentations de la turbidité et du MES pendant les crues sont dues essentiellement aux teneurs en matières minérales grossières et que l'accroissement de la conductivité à l'étiage est dû à une forte concentration en NaCl (jusqu'à 14 g/l). Le réseau hydrographique peut être séparé en deux zones soumises à des conditions différentes ; la zone amont, stable, peu influencée par les variations de débits et la zone aval, soumise à l'alternance crue étiage, aux eaux très chargées en matières minérales hydrographique de la Tafna est caractérisée par une eau très minéralisée puisqu'elle présente une conductivité au niveau des sources de 600 µs/cm en moyenne liée à la nature des terrains traversés. **(Benamar, 2003)**

II-2 Climat de la Tafna :

Le bassin de la Tafna s'apparente à celui de la région méditerranéenne, présentant un climat doux et humide, qui dépend surtout des dépressions atmosphériques d'origine atlantique et méditerranéenne qui traversent le détroit de Gibraltar, la partie nord du Maroc et touche la région de la Tafna, elles se manifestent par des vents d'Ouest et des vents humides vers le Nord du bassin. Les hauts plateaux sont soumis aux vents secs du Nord et de l'Est. Le volume d'informations pluviométriques recueillies dans le bassin versant de la Tafna est constitué de plusieurs stations, réparties d'une façon plus au moins uniforme.

Chapitre III : Matériels et Méthode

POISSONS

III-1 Biométrie :

Plusieurs mesures biométriques ont été effectuées sur les échantillons (FigIII-1).

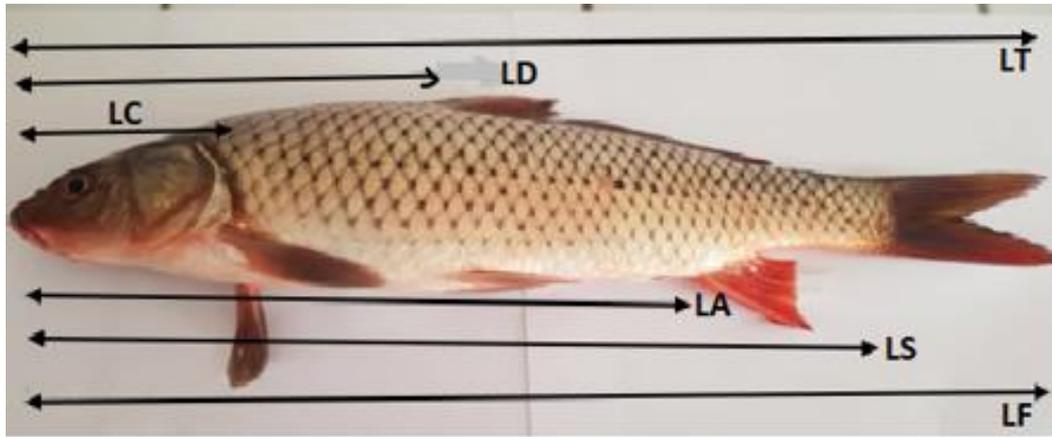


Figure III-1 : Longueurs mesurées (photo originale)

LT : longueur totale, de l'extrémité du museau à l'extrémité de la partie la plus longue de la nageoire caudale posée en extension.

LC : longueur céphalique, de l'extrémité du museau au point le plus postérieur de la marge de l'opercule.

LA : longueur pré-anale, de l'extrémité du museau au bord postérieur de l'anus.

LF : Longueur à la fourche, c'est la longueur du bout du museau à la fourche.

LD : longueur prés-dorsale, c'est la distance entre l'extrémité du maxillaire supérieur et l'insertion de la première nageoire dorsale 26

LS : longueur standard ; la longueur d'un poisson, mesurée de la pointe du museau à la partie charnue du pédoncule caudal, c'est-à-dire, à l'exclusion de la nageoire caudale.

La prise du poids total de chaque individu avant la dissection est obligatoire.



Figure III-2 : Pesée des individus (photo originale).

III-2 : Indices :

Nous présentons sur le Tableau III-1, les indices utilisés dans cette étude, leurs définitions et leurs formules.

Tableau III-1 : Définitions et formules des indices utilisés

Indices	Définition	Formule
céphalique	Pourcentage du rapport de la longueur céphalique (LC) sur la longueur totale (LT)	IC = (LC/LT)*100
Pré-anal	Pourcentage du rapport de la longueur à l'anale (LA) sur la longueur totale (LT)	IA = (LA/LT)*100
Pré-dorsal	le pourcentage du rapport de la longueur dorsale (LD) sur la longueur totale (LT)	ID = (LD/LT)*100

III-3 Relation taille-poids :

La croissance est un changement de longueur et/ou de poids (**Weatherley et Gill, 1987**)

La relation entre la longueur (L) et le poids (W) du poisson est exprimée par l'équation (**Pauly, 1983**):

$$P = a LT^b$$

Où : $b < 3$ allométrie minorante.

$b = 3$ isométrie.

$b > 3$ allométrie majorante.

P: Poids du poisson dans (g)

LT: Longueur totale en (cm)

a: Constante (interception)

b: L'exposant Longueur (pente)

Par transformation logarithmique cette équation est linéarisée et s'écrit comme suit :

$$\ln P = \ln a + b \ln LT$$

Les valeurs "a" et "b" ont été obtenus à partir d'une méthode linéaire la régression de la longueur et du poids du poisson (**Hemida, 1987**).

III-4 Dissection :

La dissection a été réalisée sur une dizaine d'individus de la carpe. Le choix est fixé sur trois organes : le muscle, le foie et les branchies.

Le muscle : c'est l'organe qui intéresse le consommateur.

Le foie : organe responsable du transit des matières métabolisées

Les branchies : c'est le premier point de contact entre le poisson et les métaux dans l'eau environnante.

*Les étapes de la dissection sont :

- L'enlèvement des branchies avec une pince en inox après soulèvement de l'opercule (**Fig. III-3a,b**).



Figure III-3a : Trousseau de dissection

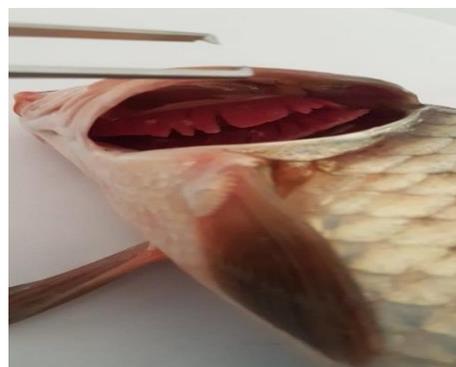


Figure III-3b : Soulèvement de l'opercule
(photos originales)

- L'ouverture de la partie ventrale de l'espèce pour retirer le foie et le muscle.



Figure III-4 : Dissection des organes (photo originale)

- La prise du poids de chaque organe avant séchage à l'étuve.



Figure III-5 : Prise du poids humide (photo originale)

III-5 Minéralisation des échantillons :

La minéralisation d'un échantillon consiste à éliminer toute la matière organique dans le but de rechercher un élément toxique minéral (Amiard, 1991).

*Les étapes de la minéralisation :

- **Séchage des échantillons** : l'étuve sert à sécher et déshydrater les échantillons (Fig. III-6)



Figure III-6 : Séchage à l'étuve des échantillons (photo originale)

- **Réduction en cendres :**

Les échantillons ont été retirés après séchage, humectés avec l'acide nitrique (1%) et replacés dans un four à moufle à 350°C pendant 1 heure et 30 minutes afin d'obtenir des cendres.



Figure III-7 : Four à moufle (photo originale)

- **Mise en solution et filtration :**

Les cendres obtenues ont été mis dans 25 cm³ de solution d'acide nitrique (1%) puis filtrés en utilisant un papier filtre de porosité (0,45µm) (**Figure III-8**).



Figure III-8 : Matériels utilisés pour la filtration des échantillons (photos originales)

- **Stockage :**

Les solutions ont été stockées dans des godets et gardées au frais jusqu'à l'analyse.



Figure III-9 : récupération et stockage des solutions minéralisées (photos réelles)

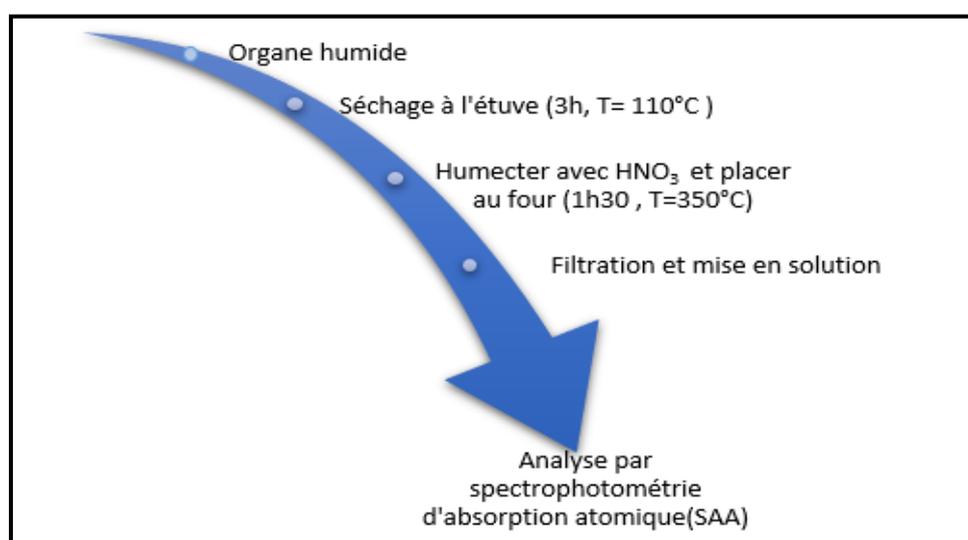


Figure III-10 : Organigramme récapitulatif du protocole réalisé

SEDIMENTS

III-6 Séchage, broyage et tamisage :

Les sédiments ont été séchés à l'air ambiant pendant plusieurs jours, broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine, puis tamisée ($< 63 \mu\text{m}$) et enfin stockés jusqu'à la minéralisation.

La fraction fine inférieure à $63 \mu\text{m}$ a été retenue, car elle est considérée dans la littérature comme la plus réactive vis-à-vis des métaux qui s'associent le plus à cette fraction (**Dassenakis et al., 2003; Probst et al., 1999**). Ainsi, de très nombreuses études ont été faites pour cette fraction (**Quevauviller et al., 1997 ; Morillo et al., 2004**). De plus **Ongley et al., (1982)** et **Lick, (1982)** ont montré son importance du point de vue géochimique (**Murray et al., 1999**).



Figure III-11 : Tamisage et échantillonnage des sédiments (photo originale)

III-6-1 Minéralisation des sédiments :

Les sédiments de surface ont subi une attaque totale détruisant la matière organique pour déterminer les concentrations totales des métaux lourds. La technique de digestion acide envisagée a été développée à partir de la littérature (**Kingstonn et Jassie, 1988 ; Loring et Rantala, 1992**). Afin de déterminer la teneur totale en métaux des sédiments, ces derniers ont été attaqués par l'eau régale qui est un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique concentrés dans le rapport (3/1). Le mélange a été chauffé sur une plaque à 80°C environ pendant huit heures dès disparition totale des vapeurs nitreuses et apparition d'un résidu noir, nous avons introduit 20 ml d'eau bidistillée puis nous avons filtré le mélange à l'aide d'un entonnoir et d'un papier filtre de porosité $0,45 \mu\text{m}$ (Fig. III-12).

Le filtrat obtenu a été conservé à 4°C jusqu'à l'analyse par un spectrophotomètre d'absorption atomique (SAAF).



Figure III-12 : Minéralisation et filtration des sédiments (photos originales)

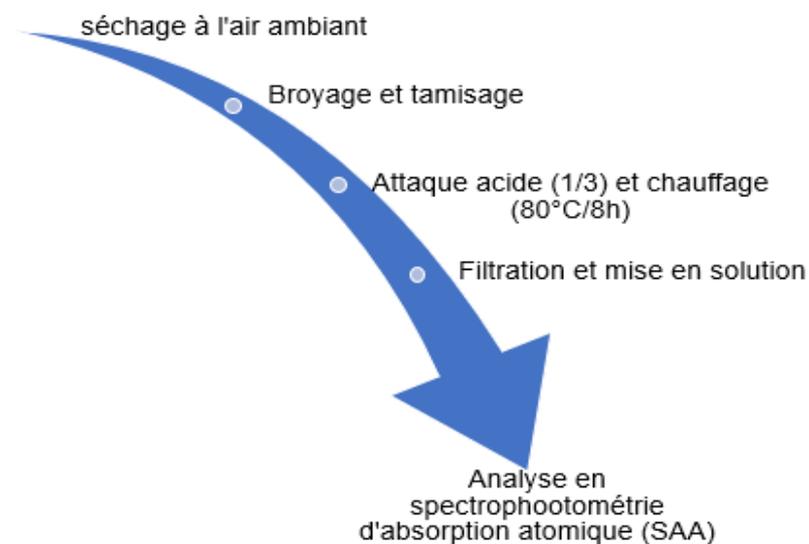


Figure III-13 : Organigramme récapitulatif du travail réalisé

III-7 : Dosage des métaux par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF) :

Le dosage des métaux lourds étudiés (Fe, Cu, Zn, Cd et Pb) a été effectué au sein du laboratoire d'analyse d'ALZINC de Ghazaouet par spectrophotométrie d'absorption atomique. L'appareil utilisé est de type **AURORA AI 1200** (2008). Les longueurs d'ondes des différents métaux sont résumées sur le tableau III-1.

Tableau III- 2 : Longueurs d'ondes des différents métaux

Eléments	Fer	Cuivre	Zinc	Plomb	Cadmium
Raie principale (nm)	248,3	324,7	213,9	283,3	228,8



Figure III-14 : Appareil de la SAA de l'usine ALZINC (photos originales)

III-7-1 Principe :

La spectrométrie d'absorption atomique flamme permet le dosage mono-élémentaire des cations majeurs de l'ordre du mg/L dans des échantillons liquides.

Lors du procédé d'absorption atomique l'énergie fournie à l'atome provient d'une source lumineuse appelée lampe à cathode creuse. L'atome dans son état de base absorbe l'énergie lumineuse à une longueur d'onde spécifique et passe à un état d'excitation. Un détecteur mesure la quantité de lumière absorbée et un signal électronique est produit en fonction de l'intensité lumineuse. Ce signal est traité et la quantité d'analyte dans l'échantillon est déterminée en fonction de l'absorbance mesurée. Le contact entre les atomes et la source lumineuse est assuré par la cellule d'absorption. La cellule d'absorption est en fait une flamme générée par la combustion d'un mélange air/acétylène (2500°C) ou un mélange protoxyde d'azote/acétylène (3100°C) pour les éléments réfractaires (exemples : Al, Mo, Sr...).

L'échantillon à analyser est aspiré par l'appareil et transformé en aérosol. La flamme atomise ensuite les éléments contenus dans l'aérosol qui passent à travers le faisceau de la lampe à cathode creuse. La lampe à cathode creuse émet le spectre lumineux spécifique à l'élément analysé. La cathode et l'anode de la lampe sont composées uniquement de l'élément dont le spectre lumineux doit être produit. Un potentiel électrique est appliqué entre l'anode et la cathode, ce qui a pour effet d'ioniser le gaz contenu dans la lampe. Les ions de gaz vont ensuite entrer en collision avec la cathode, ce qui déloge des atomes métalliques. Ces atomes vont aussi entrer en collision avec les ions de gaz ce qui les fait passer à un état d'excitation. Ils retournent aussitôt à leur état de base ce qui produit l'énergie lumineuse désirée.

La (SAAF) basé sur la théorie de la quantification de l'énergie de l'atome et utilise la loi de Beer-Lambert.

$$A = \log(I_0/I) = \epsilon \cdot L \cdot C$$

A : Absorbance ;

I₀ : intensité initiale ;

I : intensité finale ;

ε : coefficient d'adsorption ;

l : longueur de la cellule d'adsorption ;

C : concentration ;

Cette méthode présente de nombreux avantages : elle est très sélective, simple et bien documenter.

Chaque dosage des métaux à une lampe spécifique et une longueur d'onde précise.

III-7-2 SAA Appareillage :

L'appareil de mesure comporte cinq constituants :

Source de radiation : émettant le spectre de l'élément à analyser, lampe à cathode creuse comportant :

Une cathode cylindrique creuse contenant un élément identique à celui à analyser.

Une anode de zirconium.

Une atmosphère de gaz inerte sous pression réduite.

Dispositif d'atomisation : c'est un dispositif des productions de vapeur atomique comportant successivement :

Un nébuliseur (a) produisant sous l'action d'un gaz carburant : air (b), un aérosol de la solution à analyser.

Une chambre de nébulisation (c) dans laquelle a lieu le mélange de l'aérosol avec le gaz carburant : acétylène (d).

Un brûleur ou la flamme air-acétylène atteint la température de 230°C.

Monochromateur : est destiné à définir la sélection de la longueur d'onde émise modifiée par la traversée au niveau du brûleur.

Enregistrement : constitué par un photomultiplicateur associé à un amplificateur linéaire ou logarithmique, fournit la vapeur de l'absorption.

Afficheur de l'absorbance.

III-7-3 Calcul des concentrations :

La concentration du métal dans l'échantillon est exprimée en mg/kg :

$$C = \frac{C1 \times V}{P}$$

C : Concentration finale de l'échantillon en mg/kg.

C1 : Concentration de la solution d'échantillon en mg/l.

V : Volume final de la solution de minéralisation (25ml).

P : Prise ou masse d'échantillon en g.

III-8 Analyse statistique des résultats :

Le traitement statistique des résultats a été effectué à l'aide de Microsoft Excel 2013, et **MINITAB** 16.

III-8-1 Analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA 2) :

Les relations entre les différentes variables ont été analysées par des tests statistiques comme l'analyse des variances (ANOVA).

Le test ANOVA permet de savoir, dans une étude à plusieurs variables, (longueurs, poids, organes) laquelle influe le plus sur les moyennes finales. Les valeurs des résultats de l'analyse de la variance, permet de vérifier la valeur du F de Fisher et sa probabilité « p » : si F est inférieur à 5 % ($p < 0,05$), l'hypothèse nulle est rejetée, donc la différence entre les moyennes est hautement significative (**Ramousse et al., 1996**).

III-8-2 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) :

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), ou analyse des correspondances simples est une méthode exploratoire d'analyse des tableaux de contingence.

Soient deux variables nominales X et Y, comportant respectivement p et q modalités. On a observé les valeurs de ces variables sur une population et on dispose d'un tableau de contingence à p lignes et q colonnes donnant les effectifs conjoints c'est-à-dire les effectifs observés pour chaque combinaison d'une modalité i de X et d'une modalité j de Y. Les valeurs de ce tableau seront notées n_{ij} , l'effectif total sera noté N (**Ramousse et al., 1996**).

III-8-3 Dendrogramme :

Un dendrogramme illustre sous forme d'arborescence les informations du tableau de fusion. Par défaut, le niveau de similarité est mesuré le long de l'axe vertical et les différentes observations sont répertoriées le long de l'axe horizontal.

Le graphe illustre la manière dont les groupes ont été formés en assemblant deux observations individuelles ou en appariant une observation individuelle avec un groupe existant. On peut voir à quels niveaux de similarité les groupes sont formés et la composition des groupes de la subdivision finale. (**Falissard, 1998**).

III-8- 4 Corrélation de Pearson :

La méthode de corrélation de Pearson a pour but la simplification, l'ordination et la coordination des données initiales, en exprimant la trame complexe dans les interrelations entre variables par un plus petit nombre de facteurs (**Pearson et Rosenber, 1978**). Ces facteurs sont représentés par des axes 38

perpendiculaires dans lesquels se projettent les points. Le test de Pearson calcule et élabore des matrices de coefficients r ainsi que les covariances pour chaque ou toutes les paires de variables d'une liste. Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre les deux séries de données, il peut prendre des valeurs de -1 à $+1$. Une valeur de $(+1)$ montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante ; une valeur de (-1) montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissante, et une valeur de 0 montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles (**Bolbapocà et Jäantschi, 2006**).

Chapitre IV : Résultats et discussion

POISSONS

IV-1 Biométrie :

IV-1-1 Mensurations :

Nous avons travaillé sur 10 individus, Pour chaque individu, nous avons déterminé son poids total (PT) et ces différentes longueurs : la longueur totale (LT), la longueur pré-dorsal (LD), longueur à la fourche (LF), la longueur pré anal (LA), longueur céphalique (LC), la longueur standard (LS). Ensuite nous avons regroupé ces individus par classes de taille. Nous avons choisi trois classes. Le **tableau IV-1 présente les poids et les longueurs mesurées par classes de tailles.**

Tableau IV-1 : Poids et longueurs mesurées par classes de taille

LT	LT	LC	LD	LA	LS	LF	PT	P muscle		P branchies		P foie	
								MH	MS	MH	MS	MH	MS
[32-33,8]	32	6,2	11	16	25,5	28,5	334	4,29	0,45	6,47	1,22	***	***
	33,5	7	13,5	17,5	29,8	33	497,9	5,3	1,44	11,55	3,85	1,74	0,31
	33,8	7	13,5	17	27,2	30,5	435,18	5,59	0,98	4,766	1	0,916	0,48
]33,8-37,5]	35	6,5	13,5	17	27,5	30,5	440,97	5,11	1,39	8,94	2,26	0,79	0,15
	38	7,5	14	12,5	31	34	560	6,34	1,49	14	1,92	0,75	0,2
	36,8	7	13,5	16,5	27	30	410,39	7,37	2,61	12,03	3,47	1,26	0,22
	37,5	7,5	14	18,5	30	34,5	502	6,37	0,78	12,97	4,48	1,89	0,28
]37,5- 40]	40	8,5	15	20,5	33	36,5	699	5,44	0,5	6,01	0,48	0,69	0,09
	39	7,5	15,5	19	31,5	36,5	549	7,85	2,67	14,09	3,67	1,94	0,27
	39,5	8,5	10,5	20,3	32,5	36,5	534	6,95	2,36	11,8	3,16	2,22	0,43

IV-1-2 Relation taille-poids :

En halieutique, l'étude de la relation taille poids répond généralement à deux objectifs :

La détermination du poids des individus dont on connaît la taille ou inversement et la description des formes. Nous avons tracé la droite $\text{Ln PT} = f(\text{Ln LT})$.

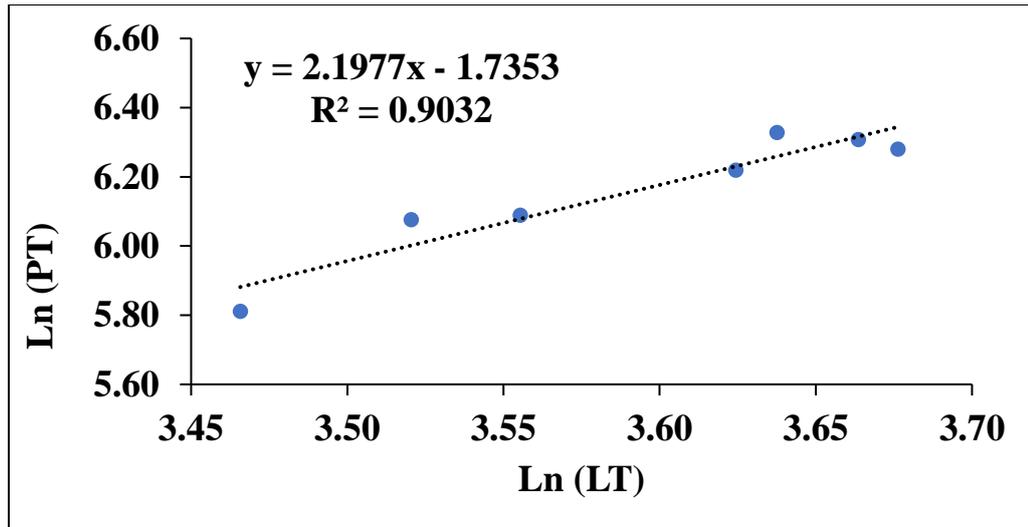


Figure IV-1 : Relation entre la taille et le poids chez les individus de la carpe

Nous avons établi une relation entre le poids et la taille en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Ln PT} = -1,7353 + 2,1977 \text{ Ln LT}$$

« a » (l'ordonnée à l'origine)

« b » (la pente) ont été obtenus à partir d'une méthode graphique :

$$a = -1,7353$$

$$b = 2,19$$

La relation taille-poids montre une allométrie minorante ($b < 3$) pour chaque individu, c'est-à-dire que le poids croît moins vite que la taille de l'individu avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,90$ qui montre une très bonne corrélation entre les deux paramètres étudiés la taille et le poids des individus.

IV-1-3 Calcul des indices :

Après avoir effectué toutes les mensurations sur chaque individu, nous avons calculés leurs indices : céphalique (IC), pré-anale (IA), prédorsale (ID) pour chaque classe de taille.

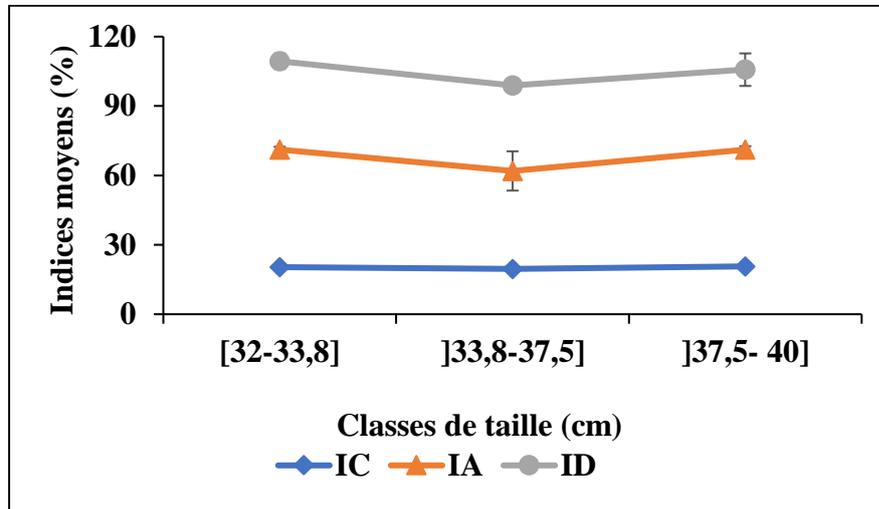


Figure IV-2 : Indices moyens céphaliques (IC), prédorsales (ID), pré-anales (IA) de la carpe pêchée dans l'oued du village Tafna

Sur la figure IV-2, nous observons que : les indices moyens céphaliques (IC) ont presque la même valeur pour les 3 classes de tailles.

Pour les indices moyens pré-anal (IA) et prédorsal nous remarquons une légère croissance qui suit une légère diminution.

Il y'a une alternance entre augmentation et diminution en fonction de taille du poisson.

IV-2 Les teneurs en humidité :

Nous avons calculé les teneurs en humidité pour chaque organe en utilisant la relation suivante :

$$T (\%) = \frac{Pf - Ps}{Pf} * 100$$

Pf : poids frais de l'échantillon ;

Ps : poids sec de l'échantillon ;

T% : pourcentage en eau de l'échantillon ;

Les résultats figurent dans le tableau suivant :

Tableau IV-2 : Teneurs en eau pour chaque organe

LT	Humidité(%)		
	muscle	branchie	foie
[32-33,8]	89,51	81,14	****
	72,83	66,67	82,18
	82,47	79,02	47,63
]33,8-37,5]	72,80	74,72	81,01
	76,50	86,29	73,33
	64,59	71,16	82,54
	87,76	65,46	85,19
]37,5- 40]	90,81	92,01	86,96
	65,99	73,95	86,08
	66,04	73,22	80,63

Nous observons que le taux d'humidité diminue avec l'augmentation de la taille et les valeurs sont proches pour les 3 organes ce qui indique que la carpe est une espèce humide.

IV-3 Analyses des teneurs métalliques :

Notre étude consiste à évaluer la pollution métallique (Fe, Zn, Cu, Pb et Cd) dans l'oued de Tafna en utilisant un bio indicateur, la carpe. Nous avons choisi le muscle, foie, et les branchies pour la détermination des teneurs métalliques par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme. Nous avons calculé les différentes concentrations moyennes et les écarts types de chaque élément métallique au niveau de chaque organe.

A. Evaluation des teneurs métalliques dans le muscle :

La figure IV- 3 représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Fe, Zn, Cu, Pb et Cd) exprimées en mg/kg dans le muscle de la carpe. La ligne horizontale indique la valeur de référence pour chaque élément d'après (FAO/WHO, 1989).

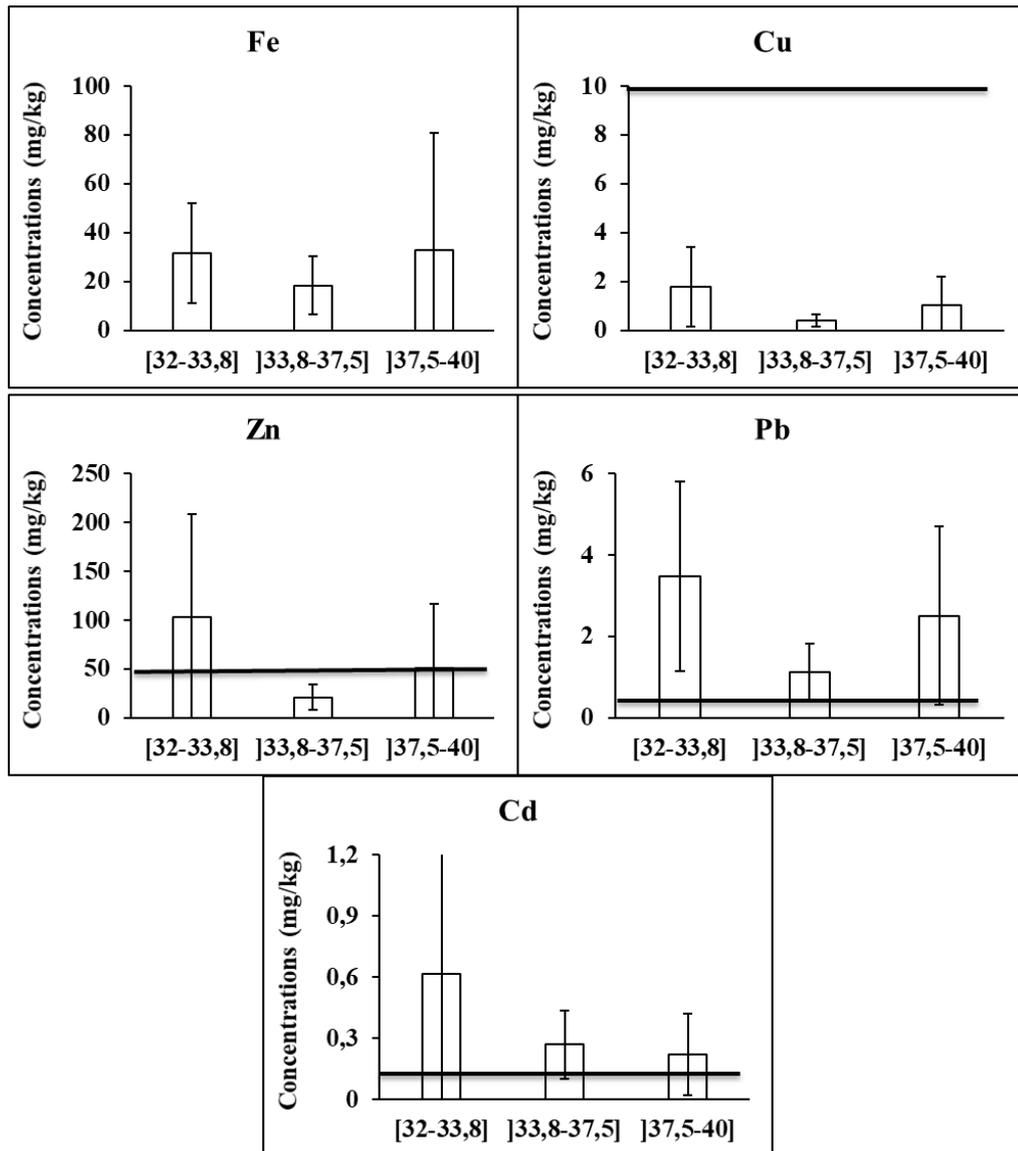


Figure IV-3 : Teneurs métalliques dans le muscle en fonction des classes de tailles chez la carpe

D'après la figure IV-3 nous constatons que la concentration maximale du fer dans le muscle est de $33,02 \pm 47,6$ mg/kg dans la classe de taille [37,5-40], suivie de $31,63 \pm 20,34$ mg/kg pour la classe de taille [32-33,8] et la valeur minimale est de $18,38 \pm 12,04$ mg/kg dans la classe de taille [33,8-37,5].

La concentration maximale du cuivre dans le muscle est de $1,78 \pm 1,63$ mg/kg dans la classe de taille [32-33,8], suivie de $1,01 \pm 1,19$ mg/kg pour la classe de taille [37,5-40] et la valeur minimale est de $0,39 \pm 0,24$ mg/kg dans la classe de taille [33,8-37,5].

La concentration maximale du zinc dans le muscle est de $102,70 \pm 106,23$ mg/kg dans la classe [32-33,8], suivie de $51,09 \pm 65,76$ mg/kg pour la classe]37,5-40] et la valeur minimale est de $20,95 \pm 12,98$ mg/kg dans la classe]33,8-37,5].

La concentration maximale du plomb dans le muscle est de $3,46 \pm 2,32$ mg/kg dans la classe [32-33,8], suivie de $2,50 \pm 2,18$ mg/kg pour la classe]37,5-40] et la valeur minimale est de $1,13 \pm 0,69$ mg/kg dans la classe]33,8-37,5].

La concentration maximale du cadmium dans le muscle est de $0,61 \pm 0,62$ mg/kg pour la classe [32-33,8], suivie de $31,63 \pm 20,34$ mg/kg pour la classe]33,8-37,5] et la valeur minimale est de $18,38 \pm 12,04$ mg/kg dans la classe]37,5-40].

Nous remarquons que les valeurs déterminées du cuivre sont relativement faibles. Par contre dans le cas du zinc, le cadmium et le plomb les valeurs sont largement élevées et dépassent les normes recommandées par FAO/WHO (1989) dans les tissus de poissons Cu (10mg/kg), Zn (50mg/kg), Pb (0,5mg/kg) Cd (0,1mg/kg).

Nous remarquons que les teneurs de zinc de la 2^{ème} classe des échantillons ne dépassent pas la norme.

Le gradient d'accumulation des éléments métallique dans le muscle est le suivant :

$Zn > Fe > Pb > Cu > Cd$.

B. Evaluation des teneurs métalliques dans les branchies :

La figure IV- 4 représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Fe, Zn, Cu, Pb et Cd) pour les différentes classes de taille exprimées en mg/kg dans les branchies de la carpe.

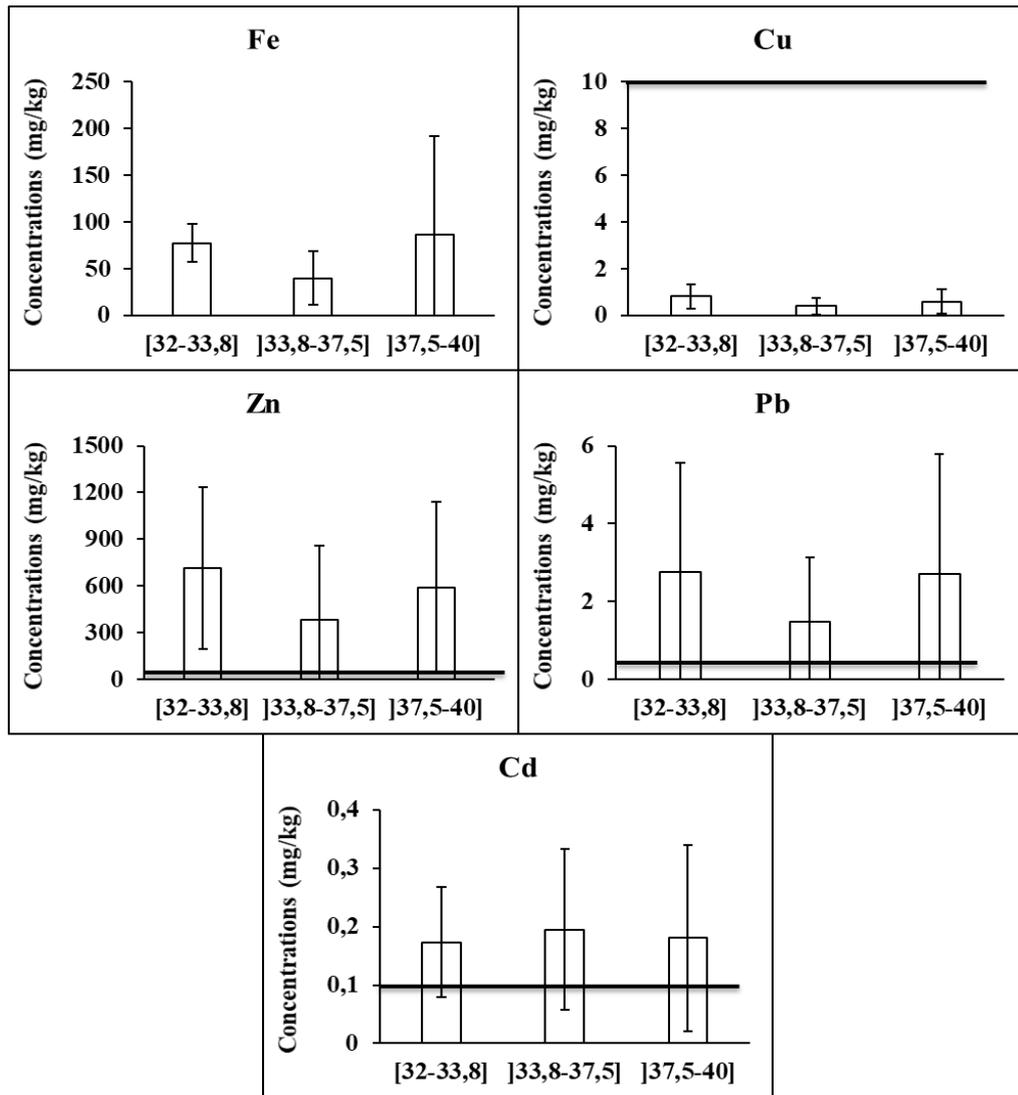


Figure IV-4 : Teneurs métalliques dans les branchies en fonction des classes de taille chez la carpe

D'après la figure IV-4 nous constatons que la concentration maximale du fer dans les branchies est de $86,80 \pm 104,92$ mg/kg dans la classe de taille [37,5-40], suivie de $77,48 \pm 20,59$ mg/kg pour la classe [32-33,8] et la valeur minimale est de $39,94 \pm 28,49$ mg/kg dans la classe [33,8-37,5].

La concentration maximale du cuivre dans les branchies est de $0,81 \pm 0,50$ mg/kg dans la classe de taille [32-33,8], suivie de $0,60 \pm 0,51$ mg/kg pour la classe [37,5-40] et la valeur minimale est de $0,39 \pm 0,35$ mg/kg dans la classe [33,8-37,5].

La concentration maximale du zinc dans les branchies est de $715,07 \pm 519,35$ mg/kg dans la classe [32-33,8], suivie de $588,44 \pm 552,22$ mg/kg pour la classe [37,5-40] et la valeur minimale est de $382,29 \pm 476,36$ mg/kg dans la classe [33,8-37,5].

La concentration maximale du plomb dans les branchies est de $2,77 \pm 2,80$ mg/kg dans la classe de taille [32-33,8], suivie de $2,70 \pm 3,07$ mg/kg pour la classe [37,5-40] et la valeur minimale est de $1,47 \pm 1,67$ mg/kg dans la classe [33,8-37,5].

La concentration maximale du fer dans les branchies est de $0,19 \pm 0,13$ mg/kg dans la classe [33,8-37,5], suivie de $0,18 \pm 0,15$ mg/kg pour la classe [37,5-40] et la valeur minimale est de $0,17 \pm 0,09$ mg/kg dans la classe [32-33,8].

Nous remarquons que les valeurs déterminées du cuivre sont relativement faibles. Par contre dans le cas du zinc, le cadmium et le plomb les valeurs sont élevées par rapport aux normes recommandées par FAO/WHO (1989) dans les tissus de poissons Cu (10 mg/kg), Zn (50 mg/kg), Pb (0,5 mg/kg) Cd (0,1 mg/kg). Le gradient d'accumulation des éléments métalliques dans le muscle est le suivant :
Zn>Fe>Pb>Cu>Cd

C. Evaluation des teneurs métalliques dans le foie :

La figure IV- 5 représente les concentrations moyennes des éléments métalliques (Fe, Zn, Cu, Pb et Cd) pour les différentes classes de taille exprimées en mg/kg dans le foie de la carpe.

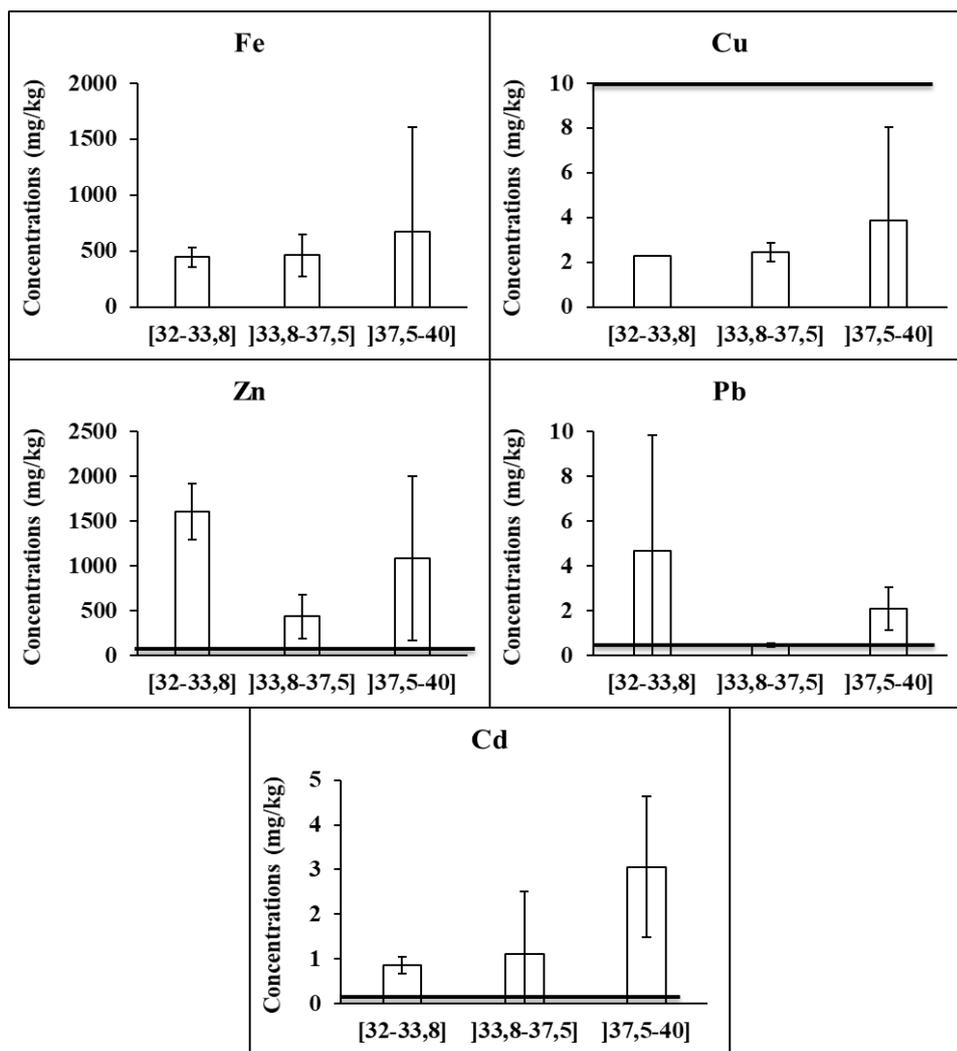


Figure. IV-5 : Teneurs métalliques dans le foie en fonction des classes de taille chez la carpe

La concentration maximale du fer dans les branchies est de $675,66 \pm 932,94$ mg/kg dans la classe [37,5-40], suivie de $463,1 \pm 187,17$ mg/kg pour la classe [33,8-37,5] et la valeur minimale est de $445,41 \pm 86,32$ mg/kg dans la classe [32-33,8].

La concentration maximale du cuivre dans les branchies est de $3,88 \pm 4,15$ mg/kg dans la classe [37,5-40], suivie de $2,45 \pm 0,412$ mg/kg pour la classe [33,8-37,5] et la valeur minimale est de 2,29 mg/kg dans la classe [32-33,8].

La concentration maximale du zinc dans les branchies est de $1601,37 \pm 313,30$ mg/kg pour la classe [32-33,8], suivie de $1082,48 \pm 915,06$ mg/kg pour la classe [37,5-40] et la valeur minimale est de $436,36 \pm 245,65$ mg/kg dans la classe [33,8-37,5].

La concentration maximale du plomb dans les branchies est de $4,69 \pm 5,15$ mg/kg pour la classe [32-33,8] suivie de $2,08 \pm 0,97$ mg/kg pour la classe [37,5-40] et la valeur minimale est de $0,45 \pm 0,09$ mg/kg dans la classe de [33,8-37,5].

La concentration maximale du cadmium dans les branchies est de $3,05 \pm 1,57$ mg/kg dans la classe [37,5-40], suivie de $1,11 \pm 1,39$ mg/kg pour la classe [33,8-37,5] et la valeur minimale est de $0,85 \pm 0,18$ mg/kg dans la classe [32-33,8].

Nous remarquons que les valeurs déterminées du cuivre sont relativement faibles. Par contre pour le cas du zinc, le cadmium et le plomb les valeurs sont largement élevées. Ces valeurs ont été comparées par rapport aux normes recommandées par FAO/WHO (1989) dans les tissus de poissons Cu (10mg/kg), Zn (50 mg/kg), Pb (0,5 mg/kg) Cd (0,1 mg/kg). Le gradient d'accumulation des éléments métallique dans le muscle est le suivant : $Zn > Fe > Cu > Pb > Cd$.

D. Comparaison des concentrations métalliques moyennes (mg/kg) entre les trois organes (muscle, branchies, foie) chez la carpe :

La figure IV-6 représente les comparaisons moyennes des teneurs métalliques (Fe, Zn, Cu, Pb et Cd) entre les organes (foie, branchies et le muscle) chez la carpe. La ligne horizontale dans chacune des figures indique la valeur moyenne de référence pour chaque élément d'après **FAO/WHO (1989)**.

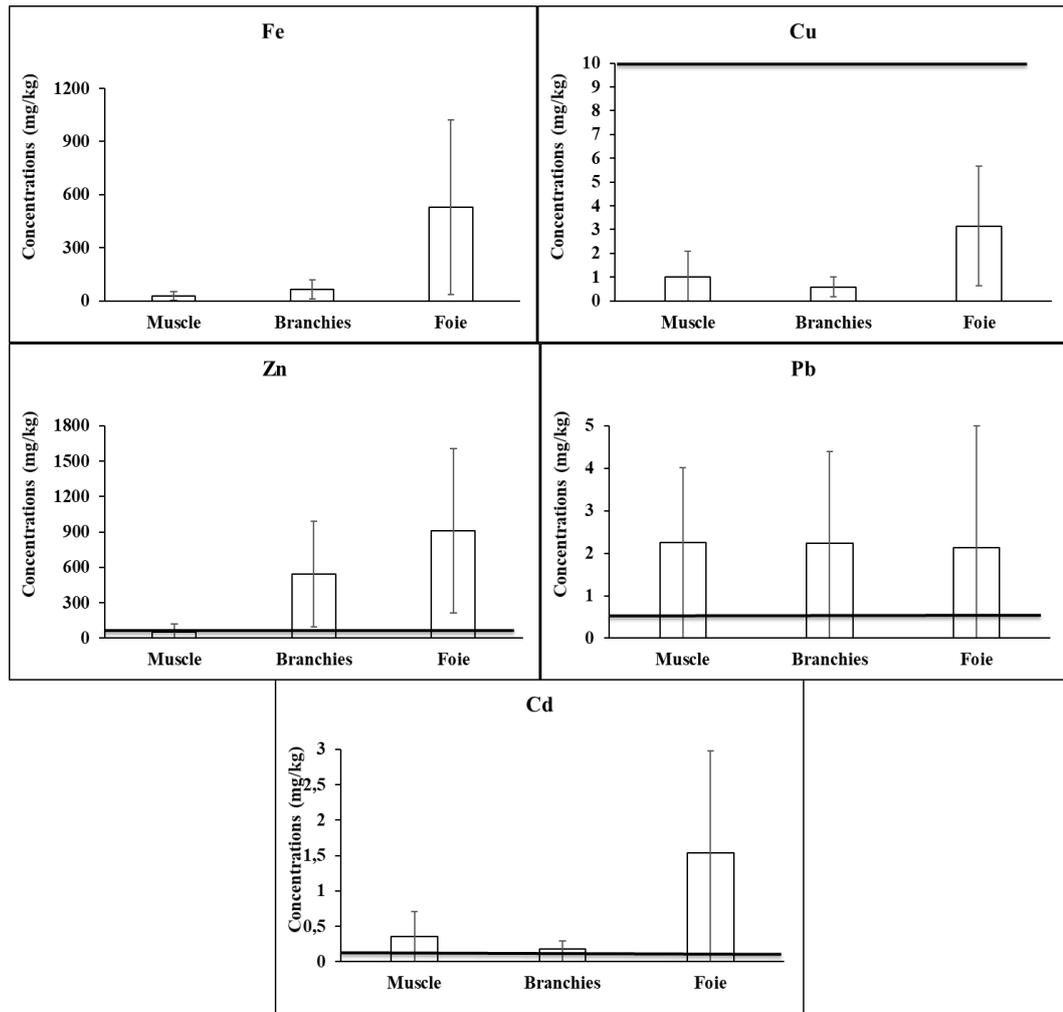


Figure IV -6 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes (**mg/kg**) entre les organes (le muscle, foie et les branchies) chez la carpe

A partir de la figure **IV-6**, nous constatons que les teneurs en fer, et en cuivre dans les trois organes ne dépassent pas les normes établies par FAO/WHO (1989) et présentent le gradient d'accumulation suivant : foie > branchies > muscle.

Les teneurs en cadmium, en plomb et en zinc dépassent les normes établies par FAO/WHO (1989).

Ils présentent le gradient d'accumulation suivant : foie > muscle > branchies.

IV-4 Analyse statistiques :

IV-4-1 Analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA 2) :

L'analyse de la variance à deux facteurs ANOVA 2 (inter-classes et inter-organes) montre une différence significative inter classe pour le pb et inter-organe pour le fer, le cuivre et le zinc.

Pour la comparaison inter-organes des moyennes, nous avons utilisé le type ANOVA1 (l'analyse de la variance à un facteur). Des différences hautement significatives ont été retrouvées pour le fer, le cuivre, le zinc et le cadmium.

IV-4-2 Analyse multi variante (AFC) :

Nous présentons sur la figure IV-7 l'analyse multifactorielle. Elle permet de donner une représentation synthétique et visuelle des interrelations existant entre les facteurs étudiés.

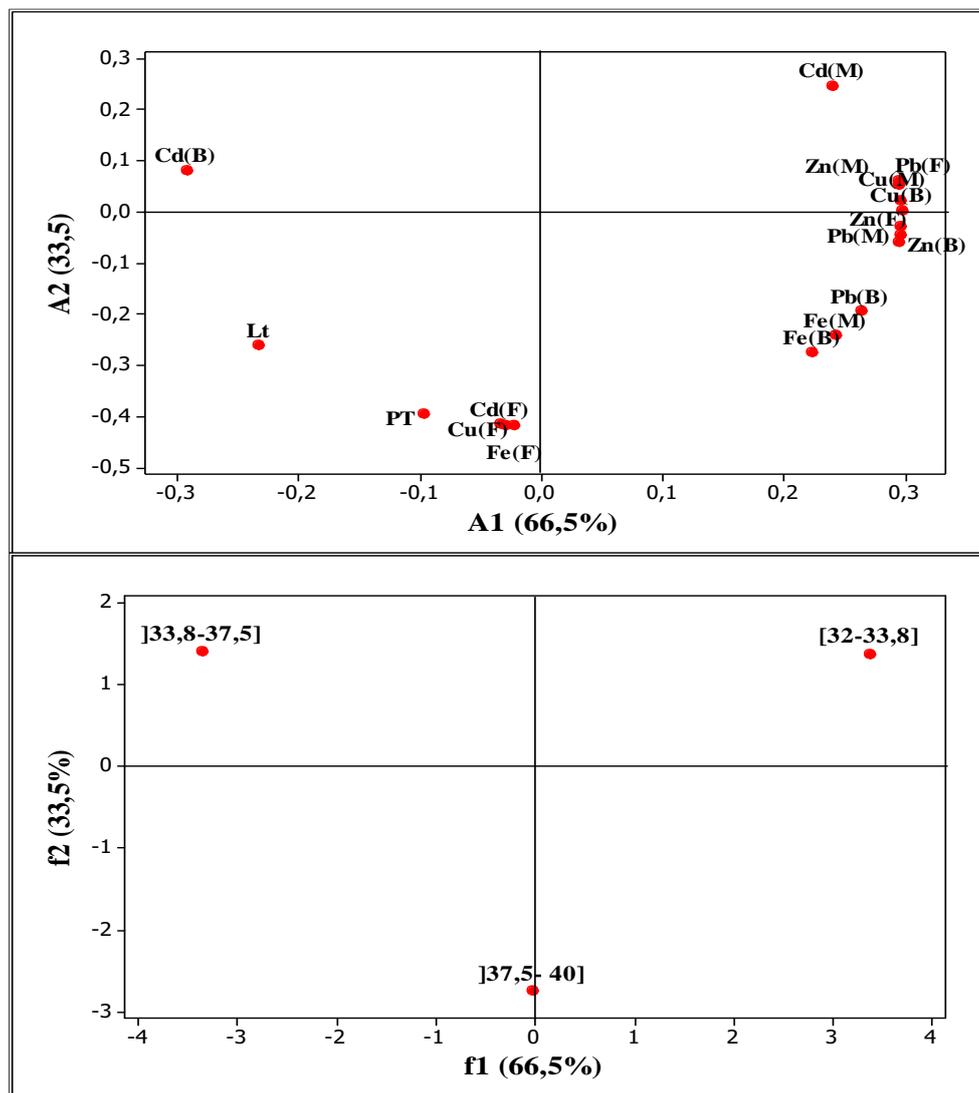


Figure IV-7 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques pour les différentes classes de taille dans les organes étudiés de la carpe (muscle, branchies et foie), le poids (PT) et la longueur totale (LT)

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est appliquée à l'ensemble des données chimiques (LT, PT, Fe(M), Fe(B), Fe(F), Zn(M), Zn(B), Zn(F), Cu(M), Cu(B), Cu(F), Pb(M), Pb(B), Pb(F), Cd(M), Cd(B) et Cd(F) pour les trois classes de taille (Figure IV-7). Cette analyse effectuée nous a permis de classer et de traiter les informations relatives aux éléments traces métalliques chez la carpe.

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différents variables, composées de 17 colonnes PT et LT ,Fe-muscle Fe(M), ,Fe-branchies Fe(B), Fe-foie Fe(F), Cu-branchies Cu(B),Cu-muscle Cu(M), Cu-foie Cu(F), Zn-muscle Zn(M), Zn-foie Zn(F), Zn-branchies Zn(B), Cd-muscle Cd(M), Cd-foie Cd(F), Cd-branchies Cd(B), Pb-foie Pb(F), Pb-muscle Pb(M), Pb-branchies Pb(B) et de lignes qui correspondent aux 3 observations (classes de taille) (figure IV-7).

Les valeurs propres (11,30 et 5,70) ont permis de retenir deux inerties respectives 66,5 % et 33,5 %. Le plan de cette analyse totalise 100 % de l'information.

Les contributions relatives des points colonnes qui construisent l'axe1 sont des coordonnées positives (Fe(M), Fe(B), Zn(M), Zn(B), Zn(F), Cu(M), Cu(B), Pb(M), Pb(B), Pb(F) et Cd(M). Les points lignes qui construisent cet axe sont représentés par la classe]32-33,8] de coordonnées positives alors que les classes]33,8-37,5] et]37,5- 40] sont de coordonnées négatives. Les concentrations les plus importantes du (Fe(M), Fe(B), Zn(M), Zn(B), Zn(F), Cu(M), Cu(B), Pb(M), Pb(B), Pb(F) et Cd(M) sont enregistrées dans la classe] 32-33,8]. Elles contribuent à la définition de l'axe 1 du côté positif.

Pour l'axe 2, les points colonnes de coordonnées positives sont présentés par l'accumulation du Cd (B) à l'opposé LT, PT, Fe(F), Cu(F), Cd (B) et Cd(F) qui sont de coordonnées négatives. Les points lignes qui construisent l'axe 2 sont la classe de taille]33,8-37,5] du côté positif et]37,5- 40] du côté négatif. Les teneurs en Cd(B) dans la classe]33,8-37,5] sont importantes. Au fait, deux facteurs (axes), avec des charges différentes, signifient que deux contributions différentes sont impliquées dans la détermination des concentrations des éléments métallique dans les sédiments marins (**Rahman et al., 2014**).

IV-4-3 Dendrogramme :

Les résultats de l'analyse par groupes sont présentés sous la forme de dendrogramme en fonction de 17 variables utilisant la mesure de distance.

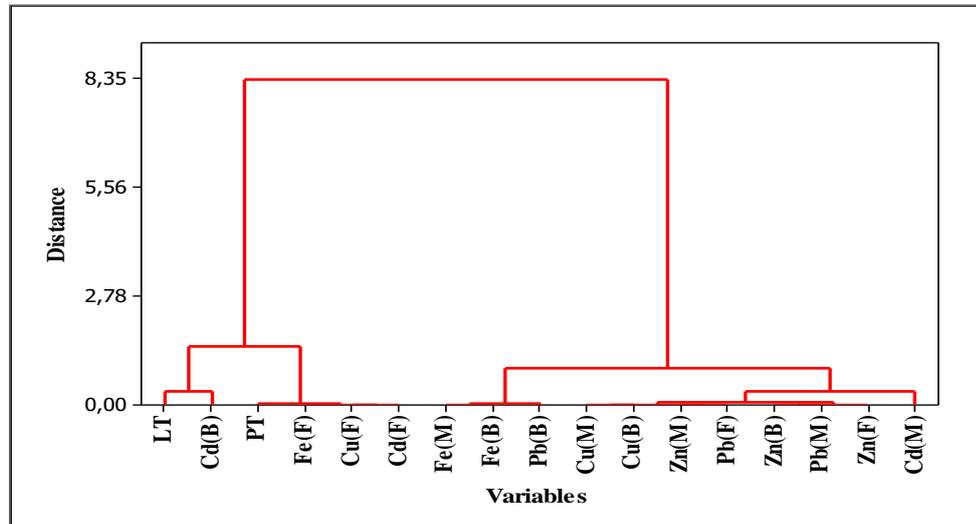


Figure IV-8 : Dendrogramme issue de la CAH de la matrice de répartition de (LT, PT, Fe(M), Fe(B), Fe(F), Zn(M), Zn(B), Zn(F), Cu(M), Cu(B) Cu(F), Pb(M), Pb(B), Pb(F), Cd(M), Cd(B) et Cd(F) dans les trois classes de taille

Les résultats de l'analyse sont présentés sous forme d'un dendrogramme qui montre des similarités entre les groupes : groupe1 (LT, Cd(B), PT, Fe(F), Cu(F), Cd(F)) à des distances de liaisons inférieures, mais une plus grande similarité par rapport au groupe 2 : (Fe(M), Fe(B), Pb(B), Cu(M), Cu(B), Zn(M), Pb(F), Zn(B), Pb(M), Zn(F), Cd(M)). Les résultats obtenus dans le dendrogramme d'analyse confirment les résultats obtenus précédemment dans la AFC.

IV-4-4 Facteur de corrélation :

Pour confirmer les résultats précédents nous avons utilisé les corrélations de Pearson. Les résultats sont donnés sur le tableau IV-3.

Tableau IV-3 : Corrélations entre le poids, la taille et les éléments métalliques dans les organes de la carpe

	LT	PT	Fe(M)	Fe(B)	Fe(F)	Cu(M)	Cu(B)	Cu(F)	Zn(M)	Zn(B)	Zn(F)	Pb(M)	Pb(B)	Pb(F)	Cd(M)	Cd(B)	Cd(F)
LT	1																
PT	0,84	1															
Fe(M)	-0,28	0,28	1														
Fe(B)	-0,18	0,38	0,99	1													
Fe(F)	0,68	0,97	0,51	0,60	1												
Cu(M)	-0,81	-0,38	0,78	0,72	-0,13	1											
Cu(B)	-0,79	-0,33	0,81	0,75	-0,08	1,00	1										
Cu(F)	0,70	0,97	0,49	0,58	1,00	-0,16	-0,11	1									
Zn(M)	-0,86	-0,46	0,72	0,65	-0,22	1,00	0,99	-0,24	1								
Zn(B)	-0,68	-0,19	0,89	0,84	0,07	0,98	0,99	0,04	0,96	1							
Zn(F)	-0,74	-0,26	0,85	0,80	-0,01	0,99	1,00	-0,03	0,98	1,00	1						
Pb(M)	-0,71	-0,22	0,87	0,82	0,03	0,99	0,99	0,01	0,97	1,00	1,00	1					
Pb(B)	-0,40	0,15	0,99	0,97	0,40	0,86	0,88	0,37	0,81	0,94	0,92	0,93	1				
Pb(F)	-0,85	-0,44	0,74	0,66	-0,20	1,00	0,99	-0,23	1,00	0,96	0,98	0,97	0,82	1			
Cd(M)	-1,00	-0,82	0,32	0,22	-0,65	0,84	0,81	-0,67	0,88	0,71	0,76	0,74	0,44	0,88	1		
Cd(B)	0,64	0,13	-0,91	-0,87	-0,12	-0,97	-0,98	-0,09	-0,94	-1,00	-0,99	-1,00	-0,96	-0,95	-0,68	1	
Cd(F)	0,71	0,98	0,48	0,57	1,00	-0,17	-0,12	1,00	-0,25	0,03	-0,04	0,00	0,36	-0,24	-0,68	-0,08	1

La matrice de corrélation calculée pour montrer d'éventuelles corrélations métalliques entre les organes de la carpe commune de oued Tafna (Tab.IV-3) a montrée des corrélations fortement positives entre les éléments LT et PT(0,84) ;LT et Cu(F) (0,70) ; LT et Cd(F) (0,71) ; PT et Fe(F)(0,97) ; PT et Cu (F) (0,70) ; PT et Cd(F) (0,98) ; Fe(M) et Fe(B)(0,99) ; Fe(M) et Cu(M)(0,78) ; Fe(M) et Cu(B)(0,81) ; Fe(M) et Zn(B)(0,89) ; Fe(M) et Zn(F)(0,85) ;Fe(M) et Pb(M)(0,87) ; Fe(M)et Pb(B)(0,99) ; Fe(M) et Pb(F)(0,74) ;Fe(B) et Cu(M) (0,72) ; Fe(B) et Cu(B)(0,75) ; Fe(B) et Zn(B) (0,84) ; Fe(B) et Zn(F)(0,80) ; Fe(B) et Pb(M)(0,82) ; Fe(B) et Pb(B)(0,97) ;Fe(F)et Cu(F)(1,00) ;Fe(F) et Cd(F)(1,00) ; Cu(M)etCu(B)(1,00) ;Cu(M)etZn(B)(0,98) ;Cu(M)etZn(F)(0,99) ;Cu(M)etPb(M)(0,99) ;Cu(M)etPb(B)(0,86) ;Cu(M) et Pb(F)(1,00) ;Cu(M) et Cd (M)(0,84) ;Cu(F) et Cd(F)(1,00) ; Zn(M)et Zn(B)(0,96) ;Zn(M)etZn(F)(0,98) ;Zn(M)etPb(M)0,97) ;Zn(M)etPb(B)(0,81) ;Zn(M)etPb(F)(1,00) ;Zn(M)etCd(M)(0,88) ;Zn(B)etZn(F)(1,00) ;Zn(B)etPb(M)(1,00) ;Zn(B)etPb(B)(0,94) ;Zn(B)etPb(F)(0,96) ;Zn(B)etCd(M) (0,71) ;Zn(F)etPb(M)(1,00) ;Zn(F)etPb(B)(0,92) ;Zn(F)etPb(F)(0,98) ;Zn(F)etCd(M)(0,76) ;Pb(M)et Pb(B)(0,93) ; Pb(M)et Pb(F)(0,97) ; Pb(M)et Cd(M)(0,74) ; Pb(B) et Pb(F)(0,82) ;Pb(F) et Cd(M)(0,88)

En outre nous remarquons d'autres corrélations faiblement positives entre d'autres éléments dans le tableau..

IV-5. Comparaison des résultats avec d'autres études de la Carpe :

Nous présentons sur le tableau IV-4 les comparaisons de nos résultats avec la littérature.

Tableau IV-4 : Comparaison des concentrations des métaux lourds chez la carpe avec la littérature

Auteurs	Zones	Organes	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd
Normes FAO/WHO			*	10	50	0,5	0,1
Karadede et Unlu 2000	Lac Atatürk Turquie	branchies	*	*	*	*	*
		muscle	11,51	2,23	9,72	*	*
		foie	60,96	9,52	76,46	*	*
Alam et al 2002	Lac Kasumigaura Japon	branchies	88,14	3	330	0,042	9
		muscle	2,729	2,01	5,433	0,037	0,27
		foie	203	4	201	0,087	3
Fevzi et al 2006	Kizilirmak de la Turquie	branchies	480	3,3	1063	0,16	0,16
		muscle	37	1,1	8,5	1,79	0,12
		foie	932	6,76	962	1,26	0,36
DERRAG 2014	Barrage Sidi Abdelli	branchies	53,64	0,97	17,87	1,37	0,25
		muscle	19,38	0,55	6,62	0,03	0,07
		foie	48,6	1,12	11,4	2,03	0,24
DERRAG 2014	barrage Sikkak	branchies	49,7	0,36	91,45	2,005	0,25
		muscle	64,47	0,1	16,87	1,85	0,16
		foie	230,65	0,25	66,63	2,77	0,06
Notre étude	Oued Tafna (Hammam Boughrara)	branchies	65,26	0,58	543,97	2,22	0,18
		muscle	26,754	0,99	54,52	2,24	0,35
		foie	530,025	3,14	910,62	2,13	1,53

Les teneurs en fer dans le tableau sont présents selon l'ordre décroissant suivant :

Fevzi et al., 2002(Kizilirmak) ensuite Notre étude (Oued Tafna) ensuite DERRAG, 2014(barrage Sikkak) ensuite Alam et al., (Lac Kasumigaura) ensuite DERRAG, 2014 (barrage Sidi Abdelli) ensuite Karadede et Unlu, 2000 (Lac Ataturk).

Les teneurs du Cuivre dans le tableau sont présents selon l'ordre décroissant suivant :

Karadede et Unlu 2000 (lac Ataturk) ensuite Fevzi et al 2002(Kizilirmak) ensuite Alam et al (lac Kasumigaura) ensuite Notre étude (Oued Tafna) ensuite DERRAG2014(barrage Sidi Abdelli) ensuite DERRAG2014(barrage sikkak).

Les teneurs du Zinc dans le tableau sont présents selon l'ordre décroissant suivant :

Fevzi et al., 2002(Kizilirmak) ensuite Notre étude (Oued Tafna) ensuite Alam et al (Lac Kasumigaura) ensuite DERRAG, 2014 (barrage sikkak) ensuite Karadede et Unlu 2000 (Lac Ataturk) ensuite DERRAG, 2014(barrage Sidi Abdelli).

Les teneurs du plomb dans le tableau sont présents selon l'ordre décroissant suivant :

DERRAG, 2014 (barrage sikkak) ensuite Notre étude (Oued Tafna) ensuite DERRAG, 2014(barrage Sidi Abdelli) ensuite Fevzi et al., 2002 (Kizilirmak) ensuite Alam et al (Lac Kasumigaura).

Les teneurs du cadmium dans le tableau sont présents selon l'ordre décroissant suivant :

Alam et al (lac Kasumigaura) ensuite Notre étude (Oued Tafna) ensuite Fevzi et al 2002(Kizilirmak) ensuite DERRAG, 2014 (barrage Sidi Abdelli) ensuite DERRAG, 2014 (barrage sikkak).

IV-6 Calcul de Facteur d'accumulation :

Dans le but de calculer le facteur de bioaccumulation nous avons recherché les concentrations des métaux dans les sédiments, les résultats sont rassemblés sur la **Figure IV-9** :

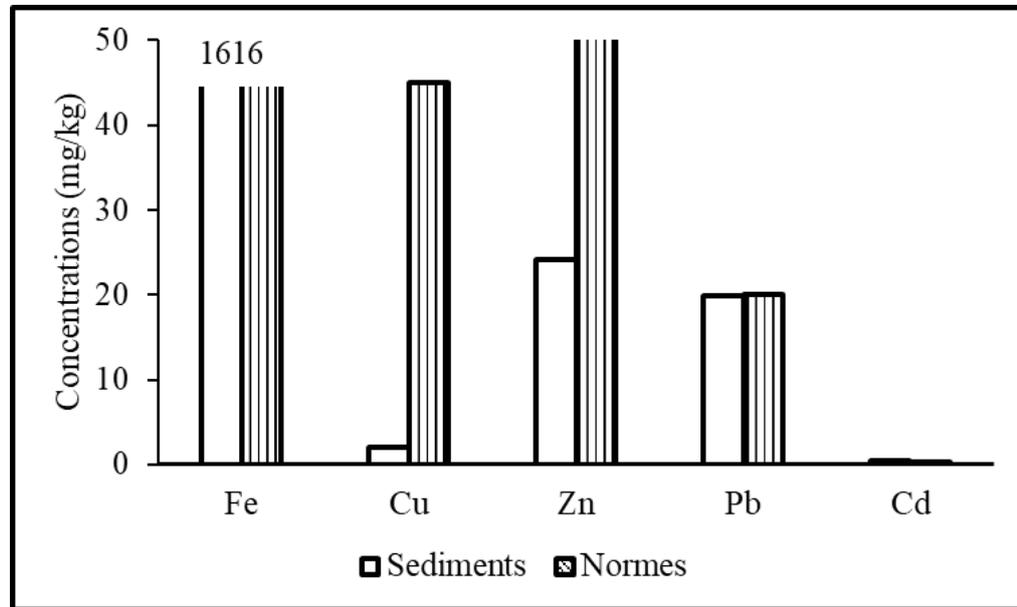


Figure IV-9 : Facteur de bioaccumulation

Nous constatons sur la figure que nos concentrations sont faibles par rapport aux normes établies par FAO/WHO (1989).

Tableau IV-5 : Facteur de bioaccumulation chez la carpe

Sed(mg/kg)	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd
Muscle	0,01	0,48	2,25	0,11	0,81
Branchie	0,04	0,28	22,50	0,11	0,41
Foie	0,32	1,51	37,68	0,10	3,47

FB<1 => les sédiments accumulent plus que les organes

FB>1 => les organes accumulent plus que les sédiments.

Nous remarquons que les trois organes (muscle, branchies, et foie) absorbent beaucoup plus du zinc par rapport aux sédiments.

Nous constatons que le foie accumule le cuivre et le cadmium plus que les sédiments.

les sédiments stockent plus le fer et le plomb que les organes de la carpe.

Le muscle et les branchies accumulent le cuivre et le cadmium moins que les sédiments.

IV-6-1 : Comparaison générale entre échantillons

Analyse multi-variante (AFC) :

Nous présentons sur la figure IV-10 l'analyse multifactorielle. Elle permet de donner une représentation synthétique et visuelle des interrelations existant entre les facteurs étudiés.

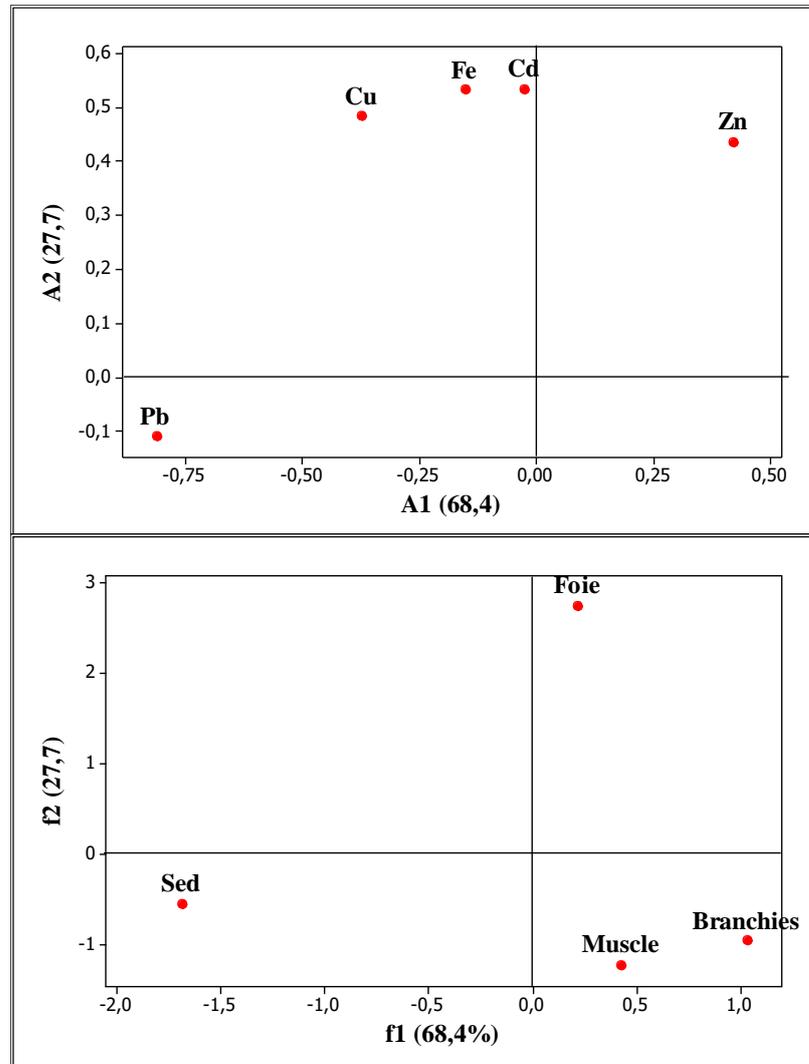


Figure IV-10 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques dans les organes de la carpe (muscle, branchies et foie) et les sédiments

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) appliquée à l'ensemble des données chimiques (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) a permis de vérifier cette situation sur la figure IV-8. Cette analyse effectuée nous a permis de classer et de traiter les informations relatives aux éléments traces métalliques chez la carpe et les sédiments utilisés.

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différents variables, composées de 5 colonnes Fe, Cu, Zn, Pb, Cd et de lignes qui correspondent aux 4 observations (muscle, branchies, et foie) (Figure IV-8).

On y voit clairement que les teneurs dans le foie, les branchies, et le muscle sont positivement corrélées avec l'axe f1 qui explique à lui seule 68,4% de la variabilité, alors que dans les sédiments sont corrélées négativement à cet axe. Ce qui veut dire que les valeurs les plus hautes se trouvent à droite de l'axe, et les valeurs les plus faibles se trouvent à gauche de cet axe.

Les points ligne qui construit cet axe présenté par les éléments métalliques dans les organes : Zn de coordonnées positives alors que Fe, Cu, Pb, Cd sont corrélées négativement à cet axe.

On remarque que les branchies, le muscle et le foie contiennent beaucoup plus le zinc, par contre les sédiments contiennent beaucoup plus le fer, le cuivre, le plomb, et le cadmium.

IV-6-2 Dendrogramme :

Les résultats de l'analyse par groupes sont présentés sous la forme de dendrogramme en fonction de 5 variables utilisant la mesure de distance.

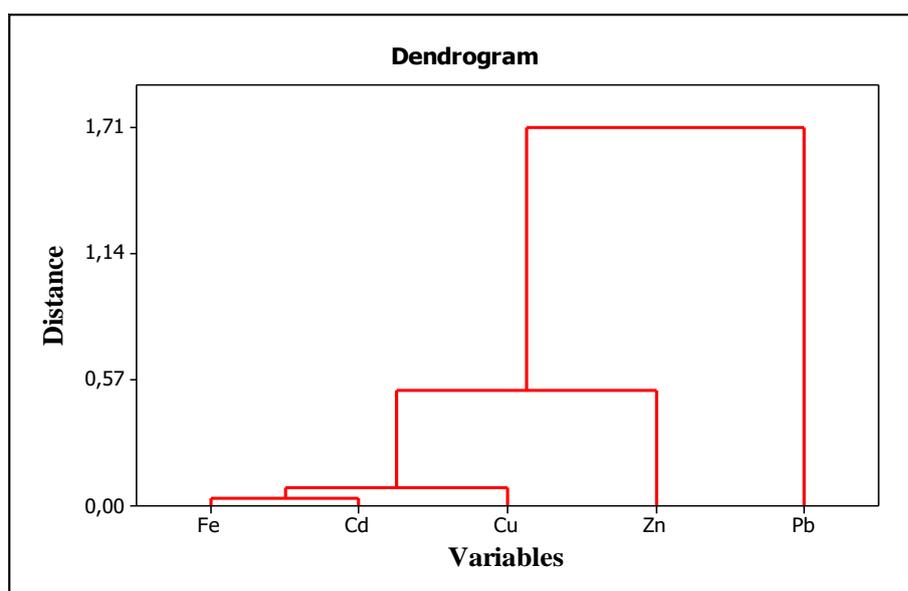


Figure IV-11 : Dendrogramme d'analyse par groupe hiérarchique des concentrations métalliques (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) dans les sédiments et les poissons

Les résultats de l'analyse sont présentés sous forme d'un dendrogramme qui montre des similarités entre

les groupes : Fe, Cd, et Cu à des distances de liaisons inférieures, mais une plus grande similarité par rapport à Zn et Pb. Les résultats obtenus dans le dendrogramme d'analyse confirment les résultats obtenus précédemment dans la AFC.

IV-6-3 Facteur de Pearson :

Pour confirmer les résultats précédents nous avons utilisé les corrélations de Pearson. Les résultats sont donnés sur le tableau IV-6.

Tableau IV-6 : Corrélations entre les éléments métalliques des poissons et sédiments

	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>
<i>Fe</i>	1				
<i>Cu</i>	0,949	1			
<i>Zn</i>	0,718	0,463	1		
<i>Pb</i>	-0,020	0,212	-0,568	1	
<i>Cd</i>	0,965	0,910	0,720	-0,210	1

La matrice de corrélation calculée pour montrer d'éventuelles corrélations métalliques entre les organes de la carpe commune et les sédiments de oued Tafna (Tab.IV-6) a montré des corrélations fortement positives entre les éléments : Fe et Cu (0,949) ; Fe et Zn(0,718) ; Fe et Cd(0,965) ; Cu et Cd(0,910) ; Zn et Cd(0,720) ; En outre nous remarquons des corrélations faiblement positives entre les éléments : Cu et Zn(0,463) ; Cu et Pb(0,212).

IV-7 Discussion :

A l'issue des résultats, la bioaccumulation des teneurs métalliques chez la carpe dépend des habitudes alimentaires (Tekin-Özan, et Kir, 2007; Amundsen et al., 1997; Watanabe et al., 2003), des besoins écologiques, du métabolisme (Canli et Furness, 1993 ; Yilmaz, 2006) de l'âge, du poids et de la longueur du poisson (Linde et al., 1998 ; Al-Yousuf et al., 2000) et de leurs habitats (Canli et Atli, 2003). Chez les poissons, les effets toxiques des métaux lourds peuvent influencer sur les fonctions physiologiques, le taux de croissance individuel, la reproduction et la mortalité (Mance, 1987 ; Sorensen, 1991 ; Woodward et al., 1994).

Les données actuelles montrent que les concentrations de métaux dans les foies et les branchies étaient généralement plus élevées que dans les muscles.

L'étude réalisée a montré que les métaux lourds s'accumulent principalement dans les organes métaboliques tels que le foie (**Carpene et Vasak, 1989 ; Hogstrand et Haux, 1991**). Les concentrations métalliques dans les branchies reflètent les concentrations des métaux dans les eaux où les espèces de poissons vivent (**Heath, 1987**). Le Fe, Cu, et Zn sont indispensables, dans les organes métaboliques comme le foie que dans les tissus musculaires, probablement en raison à leur fonction de l'activation d'un certain nombre d'enzymes (**Sures et al., 1999**).

Le fer est essentiel à la synthèse de l'hémoglobine et impliqué dans de nombreuses réactions enzymatiques tel que l'oxydoréduction cellulaire, il joue un rôle important comme constituant des systèmes électro actifs dans des pigments respiratoires des vertébrés dans la vie aquatique pour cela nous avons trouvé des concentrations élevées dans les 3 organes et les sédiments ce qui est normal pour le fer.

Le cuivre est impliqué dans le transport d'électrons, une concentration en sulfate de cuivre ($\geq 0,8$ mg/l) dans l'eau peut entraîner une toxicité chronique pour de nombreuses espèces de poisson (**Guillaume et al., 2001**). Sa toxicité en milieu aquatique est en fonction de sa forme chimique et de son état d'oxydation (**Chiffolleau, 2001**).

Le cuivre est un élément indispensable au déroulement des processus biologiques (**Casas, 2005**). Les poissons absorbent aisément le cuivre dissous qui peut ainsi poser de nombreux problèmes de toxicité. La valeur de référence établie par FAO/HOW (1989) dépasse largement les valeurs obtenues pour les trois organes (muscle, branchies, foie) de la carpe et ne les dépasse pas pour les sédiments. Il semble que les dangers d'une carence en cuivre soient plus importants que ceux d'un excès de cet élément.

Le rôle principal du zinc est comme un cofacteur dans de nombreux systèmes enzymatiques impliqués dans l'utilisation de presque tous les nutriments (**Guillaume et al., 2001**). En outre, plusieurs auteurs ont signalé que les effets toxiques de zinc varient en fonction de l'espèce et l'âge du poisson, la température de l'eau, le pH, la matière organique importante dans l'eau et la salinité (**Waiwood et Beamish, 1978 ; Gordon et al., 1974 ; Hansen et al., 2002**). Le zinc est un élément essentiel dans les réactions

enzymatiques, ce qui explique sa présence. Mais il dépasse largement la dose maximale admissible établie par (FAO/WHO1989) pour les 3 organes et ne dépasse pas la norme pour les sédiments.

Une forte teneur du plomb au niveau des branchies malgré qu'il appartienne au groupe des éléments toxiques ce qui n'implique aucune fonction connue dans les processus biochimiques (**Adeyeye et al, 1996**). Et aucun rôle connu dans les systèmes biologiques (**Canli et al, 2002**). L'effet de la toxicité du Pb dépend de la durée de vie du poisson, du pH, et de la présence de matières organiques (**Hellawel, 1986**) qui peut provoquer une insuffisance rénale et des lésions hépatiques

(**Demirak et al., 2000**), **Cossa et al (1992)** avancent que les teneurs en plomb dans le muscle tendent à diminuer avec la taille dans les zones les peu contaminées, cependant dans les milieux très contaminés la relation inverse s'observe selon **Bedsha et sainbury (1977)**. Donc sa présence dans les trois tissus ainsi que les sédiments peut être un indicateur réel du degré de contamination du site.

Chez les poissons, le cadmium est absorbé par les voies branchiales ou par l'intermédiaire de la nourriture (**Veron, 1990**). Il peut perturber l'équilibre ionique en altérant la perméabilité des membranes cellulaires (**Ifremer, 2001**). Le cadmium n'a aucun rôle métabolique connu, il n'est pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants (**Chiffolleau, 1999**), il provoque des effets toxiques graves chez les organismes aquatiques à très faible concentration (**Wong et Rainbow, 1986; Sorensen, 1991**).

Chez les poissons. D'après **Phillips (1977)**, le cadmium s'accumule surtout dans les organes mous des organismes marins ; le foie est considéré comme le principal organe d'accumulation, et donc ça explique la présence d'une forte concentration en cadmium qui dépasse la valeur recommandée par (FAO/HOW 1989). Nous pouvons expliquer cette présence par l'existence des pollutions d'origines anthropiques et par une forte bioaccumulation de cet élément dans la chaîne alimentaire ce qui entraîne une importante toxicité pour de nombreux êtres vivants (**Picota, 2003**), nous n'avons pas trouver de cadmium dans les sédiments.

Le foie joue un rôle très important dans la transformation des éléments nutritifs, la désintoxication et le stockage de matières toxiques. Les branchies sont les principales cibles d'une contamination directe, car ils jouent un rôle important dans l'absorption des métaux, dans le stockage et dans le transfert vers les

compartiments internes par le sang (**Barhoumi et al., 2008**), ils sont considérés comme des organes filtrants (**Rashed, 2001**). Des concentrations élevées de différents métaux peuvent être observées dans les branchies (**Heath, 1987**). Le muscle a été jugé comme un tissu non actif dans l'accumulation des métaux lourds (**Yilmaz, 2005**).

Nos résultats indiquent que les concentrations des métaux les plus élevées sont généralement trouvées au niveau du foie, donc ces derniers nous renseignent sur la qualité du milieu ambiant. Il a été démontré que le foie est très actif dans le stockage des métaux ainsi que dans la désintoxication des métaux car, en réponse à l'exposition aux métaux, l'induction de la métallothionéine se produit principalement dans le foie du poisson (**Roesijadi et Robinson, 1994; Tepe et al, 2008**). Ce qui explique les concentrations élevées des métaux qui ont été retrouvées dans ce tissu.

Dans tous les cas les données confirment que le muscle n'est pas un tissu actif dans l'accumulation des métaux (**Kargin et Erdem 1991 ; Erdogrul et Erbilir 2007**). C'est la partie consommée,

Les teneurs moyennes en plomb et cadmium sont plus proches à la valeur de référence FAO/WHO 1989 ce qui induit à une contamination des eaux et donc l'agriculture si la pollution continue de la même manière.

Conclusion Générale

Nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la biodisponibilité des métaux (Zn, Pb, Cu, Cd, Fe) chez la carpe commune de oued Tafna (Maghnia) ; espèce bioindicatrice de la pollution répondeur dans les eaux douces. Cette espèce est consommée par une petite partie de la population et les eaux où elle vit sont destinées à l'irrigation.

Pour le fer, le cadmium et le cuivre, les organes ne dépassent pas les seuils établis par FAO/WHO. et dépassent les seuils pour le plomb, le cadmium et le zinc. Mais pour les sédiments toutes les concentrations sont au-dessous des normes admissibles.

L'ANOVA 1, a révélé une différence hautement significative inter organes pour l'accumulation du cadmium, du fer et du zinc et le cuivre ($p < 0,005$) et aucune différence significative pour le plomb ($p > 0,05$).

L'analyse en composantes principales (ACP) appliquée à l'ensemble des métaux lourds (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn) montre que les concentrations les plus importantes du Cu, Cd, Zn et Fe sont enregistrées dans le foie, les teneurs en Pb sont importantes dans les branchies, le muscle et les sédiments.

Les données actuelles montrent que les concentrations de métaux dans les foies étaient généralement plus élevées que celles dans les branchies et les muscles.

Le facteur de bioaccumulation BSAF montre que le foie de la carpe commune présente une plus grande capacité à accumuler les métaux étudiés et surtout le zinc ($BSAF > 1$).

Étendre cette étude pour ce substrat de la chaîne alimentaire. Sur le plan biologique nous devons tenir compte du cycle et du comportement de bioindicateur vis-à-vis des contaminants.

En perspective et suite au programme de la relance économique pour le secteur de la pêche et de l'aquaculture, initié par notre pays, la carpe d'eau douce pourra présenter toutes les qualités pour être lancée en élevage. Aussi il va falloir surveiller et contrôler ces eaux destinées à l'irrigation pour diminuer le risque de contamination.

Références :

-A-

- Adriano D.C., 1986.** Trace éléments in the environnement. Springer Verlag, New York.
- Al-yousuf m.h, el-shahawi m.s et al-ghais s.m., 2000-** Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. Science Total Environment, 256 (2-3), 87-94.
- Amiard-Triquet, C., Berthet, B et Martoja, R., 1991-** Influence of salinity on trace metal (Cu,Zn,Ag)accumulation at the molecular, cellular and organism level in the oyster crassostera gigas thumberg .biol.metals 4 :144-150
- Amundsen P.A, Staldivik F.J, Lukin A.A, Kashulin N.A, Popova O.A et Reshetnikov Y.S., 1997-** Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. Science Total Environment, 201 (3), 211-224.

-B-

- Barhoumi S, Messaoudi I, Deli T, Said K et Kerkeni A., 2008-** Cadmium bioaccumulation in three benthic fish species, *Salaria basilisca*, *Zosterisessor ophiocephalus* and *Solea vulgaris* collected from the Gulf of Gabes in Tunisia.
- Belanger D. 2007.** Utilisation De La Faune Macro Benthique Comme Bioindicateur De La Qualité De l'environnement marin côtier. Maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale. Canada, Août 2009,67.
- Berraho A. 2006.** Ressources Halieutique Et Potentialités Aquacoles Au Maroc. Edi. Okad.82.
- Benamar Dahmania At Al,** « Traitement Des Eaux Du Bassin Hydrographique De La Tafna (N-W Algeria) », Desalination ,Volume 152, Issues 1-3, 10 February 2003, Pages 113-124.
- Billard, ? 1995.** Les Carpes Biologie Et Elevage. Institut National De La Recherche Agronomique. Inra, Paris, 376 .
- Bodin, N., 2005.** Contamination Des Crustacés Décapodes Par Les Composés Organohalogénés : Etude détaillée de la bioaccumulation des PCB chez l'araignée de mer *Maja Brachudactyla*. Thèse de doctorat : Océanologie Biologique, 309.
- Bouregba Naouel,** 2006, Modélisation Du Climat Et Changement Climatique (Cas De L'algerie), mémoire de magister, centre Universitaire de Mascara.
- Bryan et Langston., 1992-** Bioavailability, Accumulation And Effects Of Heavy Metals In sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. Environmental pollution 76, 89-13.

-C-

- Calamano W et Forstenr U., 1996 –** Sediments And Toxic Substances. Berlin, DEU,335.4
- Canli, M et Furness, R.W., 1993-** Toxicity Of Heavy Metals Dissolved In Sea Water And Influence of sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. Marine Environment Toxicology. Chemistry, 14, 819-828.
- Canli M et Atli G., 2003-** The Relation Ship Between Heavy Metal (Cd,Cr,Fe,Pb,Zn) Levels And The size of six Mediterranean fish species. Environment Pollution, 121 (1), 129-136.
- Canli M et Kalay M., 1998-** Levels Of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr And Ni) In Tissue Of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey.Tr. Journal .Zoology. 22, 149–157.
- Carpene E et Vasak M., 1989-** Hepatic Metallothionein From Goldfish (*Carassius Auratus*). Comp Biochemistry Physiology. 92B, 463-468.
- Casas, 2005.** Modélisations De La Bioaccumulation De Métaux Traces (Hg, Cd, Pb, Cu, Et Zn) Chez La moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranée : 10, 12, 35.
- Cossa D., Auger D., Averty B., Lucon M., Masselin P., Noel J. (1992).** Flounder (*Plattichthys Flesus*) muscle as an indicator of metal and organochlorine contamination of French Atlantic Coastal waters. Ambio. 21,176–82.
- Chiffolleau J.F., Claisse D., Cossa D., Ficht A., Ganzalez J.L., Guyot T., Michel P., MIRAMAND P., Oger C., Et Petit F., 2001.** La Contamination Métallique, Région Haute Normandie, (Programme scientifique Seine-Aval) IFREMER 8 :39.

-D-

- Dali-Youcef N, Ouddane B et Derriche Z., 2005-** Metal Found In Superficial Sediment Of Tafna River And Its Estuary In North- Western Algeria. Fresenius Environmental Bulletin. Vol 14- N°9: 753-763.

Dassenakis M, Andrianos H, Depiazi G, Konstantas A, Karabela M, SAKELLARI A And SCOULLOS M., 2003- The Use Of Various Methods For The Study Of Metal Pollution In Marine sediments, the case of Euvoikos Gulf, Greece, Applied Geochemistry. 18, 781-794 .

Daskalakis K.D, et O'connor T.P., 1995 – Normalization And Elemental Sediment contamination in the Coastal United States. Environnemental Science and Technology 29, 470-477.

Demirak A, Yilmaz F, Tuna A.L et Ozdemir N., 2000- Heavy Metals In Water, Sediment And tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwest Turkey, Chemosphere.

Derrag, Z. 2014. Contribution A L'étude Des Polluants Métalliques Dans Les Sédiments Et Chez Les poissons des barrages de Sikkak (Ain Youcef) et de El Izdihar (Sidi Abdelli) de la Wilaya de Tlemcen.

Doillon, D. Déterminants Moléculaires De La Tolérance Au Zinc Des Microorganismes Eucaryotes. Thèse de Doctorat en biologie forestière. 2010. Université Henri Poincaré, Nancy1.

Dosdat A, Servais F, Metailler R, Huelvan C et Desbrayeres E. 1996. Comparaison of nitrogen losses rates from Atlantic Salmon. Aquaculture, 141. 107-127 .

-E-

Erdogru, Ö., et Erbilir, F. (2007). Heavy Metal And Trace Elements In Various Fish Samples From Sir dam lake, Kahramanmaras, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 130, 373–379

-F-

Felix et Triska J, 1975. La Faune Et La Flore D'Europe. Ed. Grund. Paris. 342.

Fergusson J. E., 1980. Heavy Metals Pollution By Traffic In Choustchurch, New Zealand: Lead And cadmium content of dust, soil, and plants. New Zetland Journal of Science. Vol 23, p2830.

Forstner U et Wittmann G.T.W., 1981- Metal Pollution In The Aquatic Environment. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, 172-486.

Foucault A et Raoult J.F, 1988- Dictionnaire De Géologie. Masson, Paris, 352.

Forstner U., 1989 - Contaminated Sediments. Springer- Verlag. Berlin, Deu, 157.

Fao (Food And Agriculture Organization), 1983- Compilation Of Legal Limits For hazardous substances in fish and fishery products (pp. 5-100), FAO Fishery Circular No. 464.

-G-

Galaf F. et Ghannam S. 2003. Contribution A L'élaboration D'un Manuel Et D'un Site Web Sur La pollution du milieu ». Mémoire de troisième cycle présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. Institut agronomique vétérinaire Hassan II. Rabat. 2.

Gaujous, 1995. La Pollution Des Milieux Aquatiques, Aide Mémoire. Edt. Technique Et Documentation-Lavoisier. Paris: 220.

Gilbin, 2002 In Turner et Tessier, 1995. Metal Speciation And Bioavaibility In Aquatic Systems.

Guthrie Et Perry J. 1980. Introduction To Environmental Toxicology. Black Well. Scientific publications : 484.

Guy L. et Vierling E., 2007. Microbiologie Et Toxicologie Des Aliments-Hygiène Et Sécurité alimentaires. 4ème Edit Doin. P268.

Guillaume J, Kaushik S, Bergot P Et Metailler R., 2001- Nutrition And Feeding Of Fish And Crustaceans, Springer, Praxis Publishing, United Kingdom.

Gordon K.P, Rosemarie C.R., Et Robert V.T., 1974- Effect Of Complication On Toxicity Of copper to fishes. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 31: 462-465.

-H-

Hemida, F., 1987. Contribution A L'étude De L'anchois *Engraulis Encrasicolus* (Linné, 1758) Dans La région Algéroise, biologie et exploitation. Thèse de Magistère en halieutique U.S.T.H.B Alger pl38.

HEATH A.G., 1987- Water Pollution And Fish Physiology, CRC Press, Inc. Boca Rotan, Florida, 245 .

Hellawel, 1986. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Elsevier: London, p. 546.

Hogstrand C Et Haux C., 1991- Binding And Detoxification Of Heavy Metals In Lower Vertebrates With Reference To Metallothionein. Comp Biochemistry Physiology. 100 C (1/2), 137-141

Hansen J.A, Welsh P.G, Lipton J, Cacula D Et Dailey A.D., 2002- Relative Sensitivity Of Bull trout (*Salvelinus confluentis*) and Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to acute exposures of cadmium and zinc. Environmental Toxicology and Chemistry, / SETAC, 21(1), 67– 75.

-I-

Ifremer E., 2001– Evaluation De La Qualité Des Eaux Basée Sur L'utilisation De Stations Artificielles De moules en méditerranée : résultats de la campagne 2000- Réseau Intégrateurs Biologiques (RINNBIO). 93.

Ineris, 2004. : Analyse Critique Des Méthodologies Pour La Détermination Et L'application De Normes De qualité environnementale pour les métaux. Rapport de synthèse n° INERIS DRC-03-46822-HMa/JL-03.0681.P27.

-K-

Kargin, F., et Erdem, C. (1991). Accumulation of copper in liver, spleen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*, Doga. Turkey Journal of Zoology, 15, 306–314.

Karpeace.Com. <http://Www.Karpeace.Com/Carpe/Anatomie-De-La-Carpe/> .

Kayalto, B. Contribution A L'évaluation De La Contamination Par Les Métaux Lourds, De Trois Espèces De Poissons, Des Sédiments Et Des Eaux Du Lac Tchad. Mémoire D'études Approfondies (Dea) En Sciences Alimentaires/Nutrition. 2009. Université De Ngaoundere.

Kingstonn H M., Et Jassie L.B., 1988 – Introduction To Microwave Samplepreparation. Washington, D.C : American Chemical Society 263.

-L-

Lacoue-Labarthe, 2009 : Thomas. Incorporation Des Métaux Dans Les Œufs De La Seiche Commune *Sepia officinalis* Et Effets Potentiels Sur Les Fonctions Digestives Et Immunitaires. Thèse De doctorat : Océanologie Biologique & environnement marin. 2007, 200 .

Lenntech.Fr. <https://Www.Lenntech.Fr/Data-Perio/Cr.Htm>.

Lenntech.Fr. <https://Www.Lenntech.Fr/Applications/Potable/Normes/Normes-Oms-EauPotable.Htm>.

Lick W., 1982-The Entrainment, Deposition And Transport Of Fine-Grained Sediments In Lakes: Interactions Between Sediments And Freshwater. *Hydrobiology* 91, 31-40.

Linde A.R, Sanches-Galan S, Izquierdo J.I, Arribas P, Maranon E And Garcya-Vazquez E., 1998- Brown Trout As Biomonitor Of Heavy Metal Pollution: Effect Of Age On The Reliability Of The Assessment. *Exotoxicol Environment*, 40, 120- 125.

Links J.M., Schwartz B.S., Simon D., Bandeen-Roche K., Et Stewart W.F., 2001. Characterization Of Toxicokinetics And Toxicodynamics With Linear Systems Theory: Application To Lead-Associated Cognitive Decline. *Environ. Health Perspect.* 109 :P361–368.

Loue A. 1993. Oligo-Eléments En Agriculture. Ed. Nathan (Ed), 45-177.

-M-

Maanan M., 2003- Etude Sédimentologique Du Remplissage De La Lagune De Sidi Moussa (Côte Atlantique Marocaine) Caractérisations Granulométriques, Minéralogique Et Géochimique. Thèse De Doctorat, Université Chouaib Doukkali. Faculté Des Sciences- El Jadida (Maroc).

Mance G., 1987- Pollution Threat Of Heavy Metals In Aquatic Environment, Elsevier, London

Murray K.S, Cauvet D, Lybeer M et Thomas J.C., 1999- Particle Size Chemicalcontrol Of Heavy Metals In Bed Sediment From The Rouge River, Southeast Michigan. *Environmental Science And Technology* 33, 987-992.

-O-

Ongley E.D, Bynoe M.C, Percival J.B., 1982- Physical And Geochemical Characteristics Of Suspended Solids, Wilton Creek, Ontario. *Canadian Journal Of Earth Science* 18, 1365-1379.

-P-

Phillips, D. J. H et P. S. Rainbow, 1977 : -Biomonitoring Of Trace Aquatic Contaminants, Aldem Press Ltd, Oxford.

Picota A, 2003. Intoxication De L'organisme Par Les Métaux Lourds Et Autres Toxiques. Conférence Adno. Paris: 13.

P.N.U.E. 1995. Programme Des Nations Unies Pour L'environnement : « Programme D'action Mondiale Pour La Protection Du Milieu Marin Contre La Pollution Due Aux Activités Terrestres ».

Probst J.L, Messaitfa A, Krempp G et Behra P., 1999- Fluvial Transports Of Mercury Pollution In The Iii River Basin (Northeastern France) : Partitioning Into Aqueous Phases, Suspended Matter And Bottom Sediments. *Environmental Science. Mercury Contaminated Site* (Ed. By R. Ebinghaus Et Al.) Springer-Verlang Berlin Heidelberg, 502-520.

-Q-

Quevauviller P, Rauret G, Lopez-Sanchez J.F, Rubio R, Ure A et Muntau H., 1997- Certification Of Trace Metal Extractable Contents In A Sediment Reference Material (Crm 601) Following A Three-Step Sequential Extraction Procedure, *The Science Of The Total Environment*, 205, 223-234.

-R-

Ramade, J.F., 2000. Dictionnaire Encyclopédique Des Polluants- Les Polluants : De L'environnement L'homme. Ed International ; Paris : 690 .

Ramade J.F. 2011. Introduction A L'Écochimie, Les Substances Chimiques De L'Écosphère A L'homme. Lavoisier 828.

Rashed M.N., 2001- Monitoring Of Environmental Heavy Metals In Fish From Nasser Lake. Environment International, 27: 27–33.

Ramousse R, Le Berre M, Le Guelte L., 1996- Introduction Aux Statistiques.

[Http://www.Cons-Dev.Org/Elearning/Stat/Parametriques/5-3/5-3.Html](http://www.cons-dev.org/elearning/stat/parametriques/5-3/5-3.html)

Ricoux C., Gasztowtt B. 2005. Evaluation Des Risques Sanitaires Liés A L'exposition De Forts Consommateurs De Produits.

Roesijadi, G. et Robinson, W. E. (1994). Metal Regulation In Aquatic Animals: Mechanisms Of Uptake, Accumulation, And Release. In D. C. Malins, & G. K. Ostrander (Eds.), Aquatic Toxicology (Pp. 385–420). Boca Raton : Lewis.

-S-

Schlumbeger O, 1997. Mémento De Pisciculture D'étang. 3e. Ed. Cemag Ref. France, 238.

Sorensen E.M., 1991 – Metal Poisoning In Fish. Crc Press, Boca Raton, Fl.

Sures B, Steiner W, Rydlo M et Taraschewski H., 1999- Concentrations Of 17 Elements In The Zebra Mussel (*Dreissena Polymorpha*) And In Perch Intestinal Parasites (*Acanthocephalus Lucii*) From The Subalpine Lake Mondsee, Austria, Environmental Toxicology And Chemistry. 18, 2574 -2579.

-T-

Tekin-Özan S et Kir I., 2007- Seasonal Variations Of Some Heavy Metals In Pikeperch (*Sander Lucioperca L.*, 1758) And Crucian Carp (*Carassius Carassius L.*, 1758) From Kovada Lake, Turkey. Fresenius. Environmental. Bulletin, 16 (8), 904-909.

Tepe, Y., Türkmen, M., et Türkmen, A. (2008). Assessment Of Heavy Metals In Two Commercial Fish Species Of Four Turkish Seas. Environmental Monitoring And Assessment, 146, 277–284.

-V-

Veron F., 1990- Les Mécanismes De Contamination De La Chaîne Alimentaire Par Le Cadmium. Ann. Folls. Exp. Chin. Huillet 888 : 201-224.

Vila, A.1998. Élément De Toxicologie. Technique Et Documentation. Lavoisier. Paris. 117-319.

Viala A. Et Botta A., 2005. Toxicologie, 2ème Edition, Edition Lavoisier Tec And Doc, 1122.

-W-

Watanabe K.H, Desimone F.W, Thiyagarajah A, Hartley W.R et Hindrichs, A.E., 2003- Fish Tissue Quality In The Lower Mississippi River And Health Risks From Fish Consumption. Science Total Environment, 302 (1-3), 109-126.

Waiwood K.G. et Beamish F.W.H., 1978 - The Effect Of Copper And Ph On The Growth Of Rainbow Trout, *Salmo Gairdneri*. Journal Of Fish Biology, 13: 591-598.

Weatherley A,H et Gill H,S,1987 –The Biology Of Fish Growth- Academic Press, London, Toronto. 443p. Isbn 0-12-739055-3

Wong, V.W.T et Rainbow, P.S.1986. Apparent And Real Variability In The Presence Of Metal Contents Of Metallothioneins In The Crab *Carcinus Maenas* Including The Effect Of Isolation Procedure And Metal Induction. Comp. Biochem. Physiol. 83, A., 157–177.

Woodward D.F, Brumbaugh W.G, Delonay A.J et Smith C., 1994- Effects On Rainbow Trout Of A Metals-Contaminated Dief Of Benthic Invertebrates From The Clark Fork River, Montana. Trans Am Fish Soc. 123, 51-62.

-Y-

Yilmaz F., 2006- Bioaccumulation Of Heavy Metals In Water, Sediment, Aquatic Plants And Tissues Of From Kızılırmak, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 5, 360-369.

Yilmaz A.B., 2005- Comparison Of Heavy Metal Levels Of Grey Mullet (*Mugil Cephalus L.*) And Sea Bream (*Sparus Aurata L.*) Caught In İskenderun Bay (Turkey). Turk J Vet Anim Sci. 29, 257-262.

Abstract

In our present study the heavy metals (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb) were determined in the organs of the common carp (*Cyprinus carpio*) fish of wadi Tafna in the village of Tafna (Maghnia, Wilaya of Tlemcen). This wadi is considered as an important source of water for irrigation. January 2019 was the sampling period. After dissection the gills, liver and muscle were chosen to be samples that were then mineralized and analyzed by atomic absorption spectrophotometry (AAS). The results showed that the concentration of Zn, Pb and Cd exceed the reference values and the Fe, Cu do not get over the reference values

The metal accumulation in the liver is higher than that in the in muscle and gills for the most part of the metal elements. For the calculation of bioconcentration factor we analyzed the same metals in the sediments where we found that all the metals don't exceed the reference values. And for the statistical analysis showed that the liver contains more the copper, the iron, cadmium and the zinc but the gills and the muscle contain more the zinc and the plumb. Also, we found that the sediments contain more the plumb.

Keywords: *Cyprinus carpio*, Pollution, wadi, heavy metals, Sediments, organs.

Résumé

Dans notre présente étude, les métaux lourds (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) ont été déterminés dans les organes de la carpe commune (*Cyprinus carpio*), poisson pêché dans oued Tafna du village Tafna (Maghnia, Wilaya de Tlemcen). Cet oued constitue une source d'eau importante pour l'irrigation. Une période d'échantillonnage a été effectuée pendant le mois de janvier 2019. Les échantillons ont subi une dissection. Les organes récupérés sont les branchies, le foie, et le muscle. Tous les échantillons ont été minéralisés ensuite analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). Les résultats obtenus ont montré que les concentrations du Zn, Pb et Cd dépassent les valeurs de références mais celles du Fe et du Cu ne les dépassent pas selon FAO/WHO. L'accumulation métallique dans le foie et les branchies est supérieure à celle du muscle pour la plupart des éléments métalliques. Pour le calcul du facteur de bioconcentration, nous avons analysé ces mêmes métaux dans les sédiments et nous avons trouvé que les concentrations des métaux ne dépassent les normes

Selon, l'analyse statistique les teneurs en cuivre, fer, cadmium et le zinc sont élevés dans le foie. Les branchies et le muscle contiennent le zinc et le plomb. Les sédiments contiennent le plomb.

Mots clés : *Cyprinus carpio*, Pollution, Oued, Métaux lourds, Sédiments, organes.

ملخص

في دراستنا الحاضرة، المعادن الثقيلة (الحديد، النحاس، الزنك، الرصاص، الكاديوم) تم اكتشافهم في أعضاء (*Cyprinus carpio*) الكارب الشائعة، سمكة واد تافنة بقرية تافنة (مغنية، ولاية تلمسان). هذا الواد يعتبر كمصدر هام للسقي الفلاحي. قد تم اختيار فترة جانفي 2019 كفترة للصيد واخذ عينات حيث تم خضوعهم للتشريح واختيار الغلاصم، الكبد والعضلات كأعضاء للدراسة. خضعت كل العينات لعملية التمعدين ثم حلت عن طريق القياس الطيفي للامتصاص الذري. النتائج المتحصل عليها بينت ان تركيز الزنك و الرصاص والكاديوم تتخطى القيم المرجعية اما الحديد والنحاس فلا تتخطاها.

تراكم المعادن في الكبد اكثر منه في العضلات والغلاصم بالنسبة لأغلبية المعادن. من اجل حساب عامل ال bioconcentration فمنا بتحليل نفس المعادن في الرواسب فوجدنا ان تراكيزها لا تتخطى القيم المرجعية. وحسب التحاليل الإحصائية وجدنا ان الكبد يحتوي أكثر على النحاس، الحديد، الكاديوم والزنك اما الغلاصم والعضلات فتحتوي على الزنك والرصاص وأخيرا الرواسب فتحتوي على الرصاص.

الكلمات المفتاحية: (*Cyprinus carpio*)، التلوث، واد، المعادن الثقيلة، الرواسب، الأعضاء.