

Mag. Bio-17/01  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de « ABOU BAKR BELKAID » Tlemcen

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE & ENVIRONNEMENT

Laboratoire de recherche :

*"Valorisation des Actions de l'Homme pour la Protection de l'Environnement  
Et Application en Santé Publique."*

**MEMOIRE**

Inscrit Sous le N°:	4717
Date le:	
Code:	14-09-1

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER

en Ecologie et Biologie des populations

**THEME**

**RECHERCHE DE QUELQUES METAUX LOURDS CHEZ  
LA CARPE COMMUNE (*Cyprinus carpio*, L.1758)  
DU BARRAGE EL IZDIHAR DE SIDI ABDELLI (W. TLEMCEN)**

Présenté par :

- M<sup>lle</sup> DERRAG Zineb

Soutenu devant la commission du Jury composée de :

Mr <b>KHELIL M<sup>ed</sup> Anouar</b>	Pr. Université de Tlemcen	Président
M <sup>me</sup> <b>KAID SLIMANE Nacéra</b>	M.C. Université de Tlemcen	Encadreur
M <sup>me</sup> <b>ABDELLAOUI Karima</b>	M.C. Université de Tlemcen	Examinatrice
Mr <b>MAHDJOUB Tewfik</b>	M.C. Université de Tlemcen	Examinateur
Mr <b>BENDIMERAD M<sup>ed</sup> El Amine</b>	C.C. Université de Tlemcen	Invité

*Année universitaire : 2009-2010*

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je voudrai faire part de mes vifs remerciements aux personnes qui ont eu la gentillesse de m'aider et de me soutenir spécialement :

Mme KAID SLIMANE Nacéra qui a accepté de m'encadrer, de me diriger, en m'accordant sa confiance.

J'espère que ce travail soit un remerciement suffisant pour le soutien et la confiance dont elle a fait preuve à mon égard.

Mes remerciements les plus vifs vont également à Mr KHELIL Mohamed Anouar pour avoir bien voulu présider le jury.

J'adresse aussi mes remerciements à Mme ABDELLAOUI Karima qui m'a fait profiter de sa vision complémentaire indispensable dans ce travail pluridisciplinaire. Ainsi que Mr MAHHDJOUR Tewfik pour m'avoir aidé dans l'étude statistique et accepté d'examiner ce mémoire et de participer à ce jury.

Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et l'expression de mon profond respect.

Par ailleurs, je m'empresse de remercier chaleureusement :

Mr SAYAH Lahbib, Directeur de l'Agence Nationale du Barrage de Sidi Abdelli, pour son aide ses encouragements et ses conseils précieux.

Mr DEROUICH Kouider, Directeur de la Direction de la Pêche et Ressource Halieutique, Mr KHALFOUN Tayeb Chef de Service de l'Aquaculture et Mr ZAIR Kamel Chef de Personnel, pour son accueil, ses renseignements et ses orientations.

Melle BENMOKHTAR Ratiba, Chef de Service des laboratoires du Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture pour son aide et ses conseils précieux.

Enfin, je présente mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin et ont contribué à la réalisation de ce travail surtout à Mr BENDIMERAD M.A, qui m'a réservé les meilleures conditions de travail ainsi que pour sa contribution à l'évaluation de ce mémoire par ses remarques pertinentes.

---

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE I: Synthèse bibliographique</b> .....	
<b>A) LA POLLUTION PAR LES METAUX LOURDS</b> .....	3
<b>1 - Généralité sur la pollution</b> .....	3
<b>2 - Les différentes types de pollution</b> .....	3
a - Pollution atmosphérique.....	3
b - Pollution des sols et des eaux continentales.....	3
c - Les pollutions physiques.....	4
d - Les pollutions biologiques.....	5
<b>3 - Métaux lourds</b> .....	5
3.1 - Généralité sur les métaux lourds.....	5
3.2 - Source des métaux lourds.....	6
- Sources naturelles.....	6
- Sources anthropiques.....	6
3.3 - Bioaccumulation et bioconcentration.....	6
<b>4 – Les principaux métaux étudiés</b> .....	7
4.1 - Le zinc (Zn).....	7
a- Source de pollution par le zinc.....	8
• Sources naturelles.....	8
• Sources industrielles.....	8
b- Effet du zinc.....	8
4.2 - Le plomb (Pb).....	8
a- Source de pollution par le plomb.....	9
• Sources naturelles.....	9
• Sources industrielles.....	9
b- Effet du plomb.....	9
4.3 - Le cuivre (Cu).....	10
a- Source de pollution par le cuivre.....	10
• Sources naturelles.....	10

---

• Sources industrielles.....	10
b- Effet du cuivre.....	10
4.4 - Le fer (Fe).....	11
a- Source de pollution par le fer.....	11
• Sources naturelles.....	11
• Sources industrielles.....	11
b- Effet du fer.....	12
4.5- Le nickel (Ni).....	12
a- Source de pollution par le nickel.....	12
• Sources naturelles.....	12
• Sources industrielles.....	12
b- Effet du nickel.....	13
4.6- Le cadmium (Cd).....	13
a- Source de pollution par le cadmium.....	13
• Sources naturelles.....	13
• Sources industrielles.....	14
b- Effet du cadmium.....	14
<b>B) BIOLOGIE DE LA CARPE COMMUNE.....</b>	<b>15</b>
<b>1 - La faune Ichtyologique.....</b>	<b>15</b>
1.1- Productivité piscicole.....	15
a- Choix du spécimen.....	15
b- Composition chimique (valeur alimentaire).....	16
<b>2 - Taxonomie.....</b>	<b>16</b>
Systématique.....	16
<b>3- Morphologie.....</b>	<b>17</b>
3.1 Morphologie externe .....	17
3.2 Les nageoires .....	18
<b>4- Anatomie interne.....</b>	<b>19</b>
4.1 Squelette.....	19
4.2 Les muscles.....	19
<b>5- Physiologie.....</b>	<b>20</b>
5.1- Respiration.....	20

-----	
a- Origine embryonnaire des branchies.....	20
b- Anatomie du système branchial.....	20
c- Fonctionnement.....	21
5.2- Appareil digestif.....	23
5.3- Excrétion.....	26
5.4- Reproduction.....	27
5.4.1- Bases biologiques.....	27
5.4.2- Caractères sexuels.....	28
5.4.3- Les stades de développement des ovaires et des testicules.....	28
a-La morphologie des gonades.....	29
5.4.4- La fécondation et le développement embryonnaire et larvaire.....	29
5.5- Nutrition.....	32
5.6- Habitat.....	32
<b>CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude.....</b>	
<b>1- Situation géographique de la zone d'étude.....</b>	<b>34</b>
<b>2- Bassin versant de l'Oued Isser.....</b>	<b>34</b>
<b>3- Description du milieu physique.....</b>	<b>37</b>
3.1- Relief et topographies.....	37
3.2- Hydrologie.....	37
3.3- Géologie générale de la région.....	38
3.4- Pédologie.....	39
3.5- La végétation.....	40
<b>4- Présentation du site d'étude.....</b>	<b>41</b>
4.1- Historique de la réalisation du barrage.....	42
4.2- Caractéristique générale du barrage.....	42
4.3- Ouvrage du barrage.....	42
<b>5- Etude climatique.....</b>	<b>43</b>
5.1- Les précipitations.....	44
a) précipitations moyennes mensuelles et annuelles.....	44
b) régime saisonnier des précipitations.....	45
5.2- Les températures.....	45
a) Températures moyennes des minima du mois le plus froid (m°).....	45

-----	
b) Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud (M°).....	46
c) Températures moyennes.....	46
d) Amplitude thermique ou indice de continentalité.....	46
5.3- Synthèse bioclimatiques.....	47
a) Diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953).....	47
b) Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger (1955).....	48
<b>CHAPITRE III : Matériel et méthodes</b> .....	
<b>1- Echantillonnage</b> .....	50
1.1- Choix de la station.....	50
1.2- Choix du matériel biologique.....	50
1.3- Choix des contaminants.....	50
1.4- Méthode prélèvement .....	50
<b>2- Travail au laboratoire</b> .....	51
2.1- Mensuration et pesées .....	51
2.2- Dissection.....	52
2.3- Minéralisation.....	54
2.4- L'analyse des échantillons par spectrophotométrie d'absorption atomique.....	57
2.4.1- Principe.....	57
2.4.2- Dosage.....	57
2.4.3- Calcul des concentrations.....	58
<b>3- Reproduction</b> .....	58
3.1- le Rapport Gonado-Somatique R.G.S .....	59
3.2- Sex-ratio.....	59
<b>4- L'analyse statistique</b> .....	59
4.1- Test de Student.....	59
4.2- l'analyse des variances (ANOVA).....	60
4.3- l'analyse des composantes principales (ACP).....	60
<b>CHAPITRE IV : Résultats et Discussions</b> .....	
<b>1 - Comparaison des concentrations métalliques dans les différents individus pêchés</b> ...	62
1-1 Concentrations métalliques dans les gonades au cours de la période d'étude.....	62
1-2- Concentrations métalliques dans les branchies.....	63

---

1-3- Concentrations métalliques dans le filet .....	64
2- Variations temporelles des teneurs métalliques moyennes de la carpe dans les trois organes étudiés.....	65
3- Variations des teneurs métalliques moyennes par individus dans les différents organes étudiés.....	68
4- Variations des teneurs métalliques moyennes par âge dans les différents organes étudiés..	70
5- Variations des teneurs métalliques moyennes par sexe dans les différents organes étudiés	72
6- Variations des teneurs métalliques moyennes par organe.....	74
7- Variations temporelles .....	76
8- Variations saisonnière des métaux chez la carpe.....	82
V - Reproduction .....	88
V -1- le Rapport Gonado-Somatique R.G.S.....	88
- Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique.....	88
V -2- Sex-ratio.....	90
a- Sex-ratio global.....	90
b- Sex-ratio mensuelle.....	90
VI- Analyse statistique .....	92
VI-1 Test de Student.....	92
VI-2 Analyse des composantes principales (ACP).....	94
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>99</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>102</b>

## Liste des figures

<b>Figure I-1</b> : Tête d'un poisson.....	17
<b>Figure I-2</b> : Morphologie externe de la carpe commune.....	18
<b>Figure I-3</b> : Appareil branchial.....	21
<b>Figure I-4</b> : Disposition des branchies.....	22
<b>Figure I-5</b> : Circulation de l'eau et du sang au niveau des branchies.....	22
<b>Figure I-6</b> : Equilibre hydrominéral chez le poisson placé en eau douce.....	23
<b>Figure I-7</b> : Appareil digestif.....	24
<b>Figure I-8</b> : Schéma de l'organisation interne d'un poisson omnivore, la carpe ( <i>Cyprinus carpio</i> ).....	25
<b>Figure I-9</b> : Régulation osmotique chez un téléostéen d'eau douce.....	27
<b>Figure I-10</b> : Morphologie schématique de testicule de Carpe (pairs).....	29
<b>Figure I-11</b> : Représentation schématique des première étapes de la vie du poisson : fécondation, embryogenèse et développement larvaire.....	30
<b>Figure I-12</b> : Spermatozoïdes dans la laitance de carpe.....	31
<b>Figure I-13</b> : Représentation schématique d'un ovocyte ovulé.....	31
<b>Figure II-1</b> : Carte géographique de la commune de Sidi Abdelli.....	35
<b>Figure II-2</b> : Carte du bassin versant d'Isser.....	36
<b>Figure II-3</b> : Barrage Sidi Abdelli.....	41
<b>Figure II-4</b> : Barrage Sidi Abdelli.....	41
<b>Figure II-5</b> : Diagramme Ombrothermique de BAGNOUL et GAUSSEN de la station de Sidi Abdelli.....	47
<b>Figure II-6</b> : Localisation de la station de Sidi Abdelli sur le climagramme pluviométrique d'EMBERGER (1955).....	49
<b>Figure III- 1</b> : Barque motorisée.....	51
<b>Figure III- 2</b> : Filet tri mailles.....	51
<b>Figure III-3</b> : Mensuration d'un poisson.....	51
<b>Figure III- 4</b> : Boite à dissection.....	52
<b>Figure III-5</b> : Balance.....	52
<b>Figure III-6</b> : Balance de précision.....	52



<b>Figure III- 7 : Gonades de la femelle.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure III-8 : Gonades du mâle.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure III-9 : Branchies.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure III-10 : Muscle du poisson.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure III-11 : Minéralisation.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure III- 12 : Filtration.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure III-13 : Solution ajustée.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure III-14 : Conservation dans des godets.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure III-15 : Représentation schématique du dispositif de minéralisation.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure III-16 : Le protocole de minéralisation et le dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure III-17 : Spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA).....</b>	<b>57</b>
<b>Figure IV-1 : Variations temporelles des teneurs métalliques moyennes des différents individus dans les trois organes (gonades, branchies et filets).....</b>	<b>66</b>
<b>Figure IV-2 : Variations des teneurs métalliques moyennes par individu dans les trois organes étudiés (gonades, branchies et filets).....</b>	<b>69</b>
<b>Figure IV-3: Variation des teneurs métalliques moyennes par âges dans les organes (gonades, branchies, et filet) .....</b>	<b>71</b>
<b>Figure IV-4: Teneurs métalliques moyennes par sexe dans les trois organes étudiés (gonades, branchies, et filet) .....</b>	<b>73</b>
<b>Figure IV-5: Variation des teneurs métalliques moyennes par organe des différents individus pêchés .....</b>	<b>75</b>
<b>Figure IV-6-a : Variations temporelles des concentrations du zinc (mg/kg) chez la carpe....</b>	<b>77</b>
<b>Figure IV-6-b : Variations temporelles des concentrations du plomb (mg/kg) chez la carpe..</b>	<b>77</b>
<b>Figure IV-6-b : Variations temporelles des concentrations du cuivre (mg/kg) chez la carpe.</b>	<b>78</b>
<b>Figure IV-6-c : Variations temporelles des concentrations du fer (mg/kg) chez la carpe.....</b>	<b>78</b>
<b>Figure IV-6-d : Variations temporelles des concentrations du nickel (mg/kg) chez la carpe.</b>	<b>79</b>
<b>Figure IV-6-e : Variations temporelles des concentrations du cadmium (mg/kg) chez la</b>	

carpe.....	79
<b>Figure IV-7 : Variations saisonnières du Zn, Pb, Cu, Fe, Ni et Cd chez la carpe.....</b>	<b>83</b>
<b>Figure V -1-1 : Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique de la carpe.....</b>	<b>88</b>
<b>Figure V-1-2 : Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique chez les mâles.....</b>	<b>89</b>
<b>Figure V- 1-3 : Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique chez les femelles.....</b>	<b>89</b>
<b>Figure V- 2 -1 : Evolution mensuelle du sex-ratio de la carpe.....</b>	<b>91</b>
<b>Figure VI-1-a : Résultats d'ACP des différents individus et variables chez <i>Cyprinus carpio</i>..</b>	<b>94</b>
<b>Figure VI-1-b : Résultats d'ACP des différents individus et variables chez <i>Cyprinus carpio</i>..</b>	<b>95</b>
<b>Figure VI-1-c : Résultats d'ACP des différents individus et variables chez <i>Cyprinus carpio</i>..</b>	<b>96</b>



# **Introduction**

## INTRODUCTION GENERALE

La demande mondiale en eau ne cesse d'augmenter, sans eau, il n'y a pas de vie sur notre planète. Elle est notre ressource la plus précieuse. En effet, les pays ne peuvent se passer de la contribution des barrages-réservoirs pour l'utilisation des ressources en eau.

L'Algérie a vécu plus d'une décennie de sécheresse. Les ressources conventionnelles en eau étaient insuffisantes pour subvenir aux besoins dans les régions importantes à forte densité de population. Elle fait encore face aujourd'hui à des difficultés en matière d'alimentation en eau potable. Pendant les dernières décennies, l'action des planificateurs et des législateurs dans le secteur de l'eau a essentiellement porté sur la réalisation de grandes infrastructures, tels que les barrages ou transferts d'eau plutôt que sur la gestion de la ressource ou le renforcement institutionnel. Les barrages servent à l'irrigation des périmètres agricoles, à l'alimentation en eau potable, à la production d'électricité, aux loisirs et à l'élevage des poissons d'eau douce.

L'Algérie a mis en place ces dernières années, un vaste programme de recherche et de développement de l'aquaculture. Il a nécessité l'introduction de nombreuses espèces indicatrice de la pollution destinées à peupler ou à repeupler les plans d'eau existant (barrages, retenues collinaires, étangs).

Un grand danger se présente suite à des activités humaines intenses pour des raisons économiques et stratégiques. Les rejets de nombreux produits chimiques par les industries, l'agriculture et les communautés urbaines ont contaminés les écosystèmes aquatiques. La protection des barrages contre la pollution est un point important qui a attiré notre attention.

La pollution métallique a un impact sur les espèces aquatiques. Les métaux lourds ne sont pas biodégradables et la plupart d'entre eux ont des effets toxiques sur les différents organismes (MACFARLANE et BURCHETT, 2000 ; STORELLI et al., 2005). Ils s'accumulent dans la chair des poissons qui peuvent être pêchés et consommés par l'homme dernier maillon de la chaîne alimentaire.

En 2006, dans le barrage de Sidi Abdelli, la direction de la pêche de la wilaya de Tlemcen a constaté des taux de mortalité des poissons (D.P.R.H, 2006).



# Chapitre I

## **Synthese Bibliographique**

A ce titre, nous avons choisi la carpe, un poisson d'eau douce, (*Cyprinus carpio*), qui est l'espèce la plus répandue dans le barrage de Sidi Abdelli. C'est un excellent poisson d'élevage, consommé par une grande partie de la population et aussi c'est une espèce indicatrice de la pollution (**BILLARD, 1995**).

L'objectif de la présente étude est d'évaluer le niveau de la contamination de quelques métaux lourds dans les trois organes (gonades, branchies et filet) de la carpe commune.

Ce travail est structuré en quatre chapitres.

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique, il est divisé en deux parties. Dans la première partie, nous avons défini la pollution d'une manière générale et ces différents types. Cette partie présente une fiche de données pour chacun de six métaux choisis. La deuxième partie concerne l'étude du matériel biologique de la carpe (*Cyprinus carpio*).

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la zone d'étude ou nous avons caractérisé ses traits physiques (le sol, le relief, le réseau hydrographique et le climat) et les caractéristiques générales du barrage.

Le troisième chapitre présente la partie matériel et méthodes.

Dans le dernier chapitre nous avons présentés tous les résultats, nous les avons discutés et nous avons réalisé une étude statistique.

Enfin, une conclusion générale achève ce travail.

## **A) LA POLLUTION PAR LES METAUX LOURDS**

### **1- Généralité sur la pollution :**

Le terme de pollution a de nombreuses acceptions et qualifie un ensemble d'actions très diverses qui, d'une façon ou d'une autre, dégradent l'environnement (**PIERRE, 2000**).

Selon **RAMADE (1999)**, la pollution se définit comme « un changement défavorable de l'environnement du à l'action humaine qui provoque une modification des flux de l'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physico-chimique ou microbiologique du milieu naturel »

### **2- Les différents types de pollution :**

#### **a - Pollution atmosphérique :**

Selon **FONTAIN (1993)**, la pollution atmosphérique et l'éventualité d'un réchauffement du climat terrestre font partie des grands problèmes environnementaux actuels.

En revanche, la pollution de l'air est définie comme étant l'apport supplémentaire d'éléments ou d'agréats chimiques ou physiques dans la biosphère engendrant ainsi une modification sensible de la composition de l'air en agents polluants solides (poussières) ou gazeux (**P.D.A.U, 1997**).

#### **b - Pollution des sols et des eaux continentales :**

Parler de pollution des milieux aquatiques signifie que des substances introduites par l'homme, volontairement ou non, ont des conséquences nuisibles sur les hydrosystèmes et en retour, sur l'utilisation que l'homme peut en faire, l'accroissement de la mortalité de certaines espèces, l'altération de leurs capacités physiologiques, la détérioration de la qualité de l'eau rendue impropre à certain usages et les risques accrus pour la santé humaine (**LEVEQUE, 1996**).

Polluer l'eau d'une réserve superficielle ou profonde, c'est modifier ses caractéristiques naturelles (physiques, biologiques et bactériologiques) en y rejetant certaines substances soit à l'état solide (matières en suspension) soit à l'état dissous (**BOEGLIN, 1995**).

Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct de déchet.

Les eaux douces sont le réceptacle de pollutions multiples organiques, chimiques, microbiologiques et radioactives d'origine variées : urbaines, industrielles et agricoles.

La contamination des eaux continentales par les pesticides a différentes origines. Elle peut être indirecte, par le lessivage des sols, ou directe par l'utilisation des herbicides aquatiques ou des insecticides.

La pollution des eaux superficielles et des nappes par les nitrates est due à l'agriculture et l'élevage intensif.

Les phosphates sont les principaux responsables de l'eutrophisation.

L'eutrophisation se traduit par une prolifération excessive d'algues ou de macrophytes, elle s'accompagne d'une diminution de la transparence des eaux, et la décomposition de cette abondante matière organique qui consomme beaucoup de dioxygène conduisant le plus souvent à des mortalités massives d'espèces animales par asphyxie (**LEVEQUE, 1996**).

### **c - Les pollutions physiques :**

Elles sont les conséquences du fonctionnement des barrages et des microcentrales ou encore de la présence de divers obstacles (arbres morts, par exemple) qui s'opposent à l'écoulement normale de l'eau. Les travaux de recalibrage, enrochements et maçonnerie des berges ou encore les extractions de granulats sont également à l'origine de pollutions physiques.

Les barrages, par exemple, perturbent l'écoulement des cours d'eau et modifient brutalement le niveau de l'eau, provoquant un phénomène appelé marnage. Des fraies de poissons peuvent ainsi se retrouver rapidement à sec.

Des quantités considérables de sédiments s'accumulent dans les retenues des barrages et sont évacuées brutalement au cours des vidanges. Elles peuvent colmater le lit de la rivière ou asphyxier directement les poissons. La dégradation de ces sédiments et des micro-organismes tués par eux conduit à la formation d'ammoniaque (**MUUS et DAHLSTROM, 1991**).



### d - Les pollutions biologiques :

Elles correspondent à l'envahissement par le milieu de micro-organismes pathogènes. Elles conduisent donc à des épidémies qui peuvent se propager très rapidement, en particulier dans les eaux stagnantes (MUUS et DAHLSTROM, 1991).

## 3- Métaux lourds :

### 3.1- Généralité sur les métaux lourds :

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, retrouvés dans l'eau sous forme dissoute, particulière ou complexée, mais en général en quantités très faibles, ils sont absorbés ou adsorbés par les sédiments ou transformés par les bactéries.

Les métaux lourds sont présents aussi dans l'environnement sous forme de traces (mercure, plomb, cadmium, cuivre, zinc, cobalt, nickel, manganèse...) (MIQUEL, 2001).

Les éléments sont dits traces lorsque leur concentration est inférieure à un pour mille dans la croûte terrestre, ou 0,1 pour mille dans les êtres vivants (<100 mg/kg matière sèche). (RUHLING et STIENNES, 1998).

Les métaux lourds sont les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5 g /cm<sup>3</sup>. Les plus dangereux et les plus répandus sont : le mercure, le cadmium, le chrome, le plomb (CLUNIE et HENDRICKS, 1995).

Ces polluants sont dotés de propriétés chimiques particulières qui leur confèrent une toxicité aussi bien vis-à-vis de l'être humain qu'à l'égard des organismes vivants du règne animal et végétal (INRA, 1995).

Quant aux leurs rôles biologiques au niveau de l'organisme, ils peuvent être classés en 2 groupes distincts :

- les métaux essentiels ou oligo-éléments, tous les métaux qui ont une utilité dans les processus biologiques et présentent un rôle biologique dans l'organisme, certains sont même indispensables à la vie (le fer, le cuivre, le zinc, le cobalt, le nickel, vanadium, le chrome, manganèse, molybdène, sélénium et étain), ce sont des métaux à masse atomique moins élevée mais qui deviennent vite toxiques quand leurs concentrations augmentent.

Selon REGOLI et al (1998), ces éléments rentrent dans les réactions biochimiques de la matière vivante et ont ainsi un rôle nutritionnel.

Ces éléments essentiels indispensables remplissant des fonctions vitales pour les êtres vivants du point de vue nutritif et constitutionnel de ces organismes car ils entrent dans la constitution d'enzymes.

- les métaux non-essentiels ou métaux toxiques sans intérêt biologique pour les organismes, ne rentrent pas dans les processus métaboliques, présentent une certaine toxicité pour l'homme, entraînent notamment des lésions neurologiques plus ou moins graves, ingérés à des doses infimes, ils sont toxiques tels que le plomb, mercure, cadmium, ect...

Ils provoquent une désorganisation au niveau cellulaire, car ils exercent souvent leur nocivité par l'inhibition du système enzymatique (VIALA, 1998).

En général, pour tout type de métal soit-il, essentiel ou non essentiel, devient toxique au-delà du seuil limite spécifique à chacun d'eux (TAGUINE, 1989).

### **3.2- Sources des métaux lourds :**

#### **- Sources naturelles :**

Les métaux se trouvent dans tous les écosystèmes naturels et à tous les niveaux, dans le milieu aquatique (l'eau salée et l'eau douce), dans les roches et chez la communauté animale et végétale.

Parmi les importantes sources naturelles : citons les activités sismiques et volcaniques, l'érosion, les incendies de forêts, les rivières et les fleuves, le lessivage des sols côtiers et l'altération des continents.

#### **- Sources anthropiques :**

Il existe trois sources principales de métaux lourds:

- ◆ apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides),
- ◆ résidus industriels et urbains,
- ◆ retombées atmosphériques (DUCHAUFOR, 1997).

Selon GROUSSET et DONARD (1989), ces métaux, se trouvant sous formes dissoutes et particulaires, sont assimilés par les organismes marins. Il représente un danger plus important que les rejets d'hydrocarbures ou mêmes d'éléments radioactifs.

### **3.3- Bioaccumulation et bioconcentration :**

Phénomène par lequel une substance, présente dans un biotope, pénètre dans un organisme, même si elle n'a aucun rôle métabolique (RAMADE, 2000).

Certains organismes peuvent, en effet, absorber des polluants présents dans le milieu, comme les métaux lourds, et les accumuler dans certains tissus ou certains organes, à des concentrations parfois bien supérieures à celles observées dans le milieu extérieur.

Les organismes ayant concentré des polluants entrent ensuite dans la chaîne trophique. Si le produit n'est pas dégradé ou éliminé, il va se concentrer de plus en plus à chaque niveau de la chaîne trophique.

La bioamplification est le phénomène par lequel une substance naturelle ou un contaminant présent dans le biotope connaît un accroissement de sa concentration au fur et à mesure qu'il circule dans les êtres vivants d'une même chaîne alimentaire. **(RAMADE, 2000)**.

En effet, à l'inverse des polluants organiques, les métaux lourds sont peu métabolisés. Ils peuvent donc être transférés dans le réseau trophique et accumulés dans la matière vivante. **(DUQUESNE, 1992)**.

### 4- Les principaux métaux étudiés :

#### 4.1- Le zinc (Zn) :

Le zinc est un élément métallique bleuâtre de symbole Zn. Il est de numéro atomique 30, insoluble dans l'alcool et les acides, il est extrêmement fragile aux températures ordinaires, mais devient malléable entre 120 et 150°C, il fond vers 420°C, à une densité de 7.14 **(RODIER, 1996)**.

Le zinc se trouve généralement dans la nature sous forme de sulfure. Il est souvent associé avec des sulfures des métaux particulièrement le plomb, le cuivre, le cadmium et le fer. Dans les roches sédimentaires, le zinc se rencontre surtout dans les schistes. Il se trouve en partie sous forme de  $Zn^{2+}$  adsorbé sur les matériaux à fine granulométrie et en partie dans la structure des minéraux argileux **(LOUE, 1986)**.

D'après **KEMMER (1984)** et **RODIER (1996)**, ce métal est d'une solubilité très basse dans les eaux naturelles. Sa présence est plus importante dans les eaux de surface à pH faible, et lorsqu'elle est rattachée aux activités industrielles.

Le zinc est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), en particulier comme coenzyme **(CASAS, 2005)**. Il assure le bon fonctionnement de plus de 200 enzymes de l'organisme.

Il intervient au niveau de la croissance, du développement osseux et cérébral, de la reproduction, du développement fœtal, du goût et de l'odorat, des fonctions immunitaires (NAS/NRC, 1989).

### a) Source de pollution par le zinc :

#### • Sources naturelles

Le zinc est présent naturellement dans l'air, l'eau et le sol.

Il entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent de particules du sol, des éruptions volcaniques, des feux de forêts et d'émission d'aérosols marins.

#### • Sources industrielles

Les apports anthropiques de zinc résultent des sources minières industrielles (traitement de minerai, raffinage, galvanisation du fer, gouttière de toitures, piles électriques, pigments, matières plastiques, caoutchouc), des épandages agricoles (alimentation animaux, lisiers) et des activités urbaines (trafic routier, incinération, ordures) (CASAS, 2005).

Le phosphore du zinc est utilisé comme rodenticide, dans la photographie, la teinture et les réactifs chimiques (TREMOLIERE et al., 1984).

### b) Effet du zinc :

Pour la vie aquatique, le zinc présente une toxicité aigue sur la plupart des organismes à partir de quelque mg / l (GAUJOUS, 1995).

Il inhibe la photosynthèse des plantes vertes, du phytoplancton et des algues macrophytes, à partir d'une concentration dans l'environnement variable selon l'espèce considéré. Il ralentit la croissance des végétaux dans les sols où il se rencontre en excès (RAMADE, 2000).

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).

Les besoins pour l'organisme humain sont de 15 mg/j, nécessaires à l'activité d'enzymes. L'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3 g de zinc (CHIFFOLEAU, 2001).

## 4.2 - Le plomb (Pb) :

C'est un élément chimique métallique, dont le corps simple est un métal gris bleuâtre, mou et ductile. Il est un mauvais conducteur d'électricité, très dense 11,34, fond à 328°C et

bout à 1740°C. Il s'agit d'un métal lourd, très toxique pour les êtres vivants en particulier pour les vertébrés homéothermes (**RAMADE, 2000**).

L'usage du plomb a été interdit dans l'essence dans certains pays tout au moins, les peintures, le sertissage des boîtes de conserves alimentaires et la vaisselle (**BOUGUERRA, 1997**).

### **a) Source de pollution par le plomb :**

#### **• Sources naturelles**

Ils est largement répandu à la surface du globe constitue près de 0,014% en masse de la croûte terrestre. Dans les conditions naturelles, le plomb est émis dans l'atmosphère principalement par volcanisme ( $16.10^3$  tonnes/an) et dans une moindre mesure par l'érosion éolienne ( $5.10^3$  tonnes/an) (**RAMADE, 2000**).

#### **• Sources industrielles**

Les sources essentielles de plomb sont les fumées de fonderies et d'incinérateurs les canalisations d'eau, peinture, bacs de batteries, additifs pour essence, eaux de ruissellement des voies de circulation, industries pharmaceutiques, ateliers photographiques et télévision. Le plomb sera plus toxique lorsqu'il est pris avec l'eau de boisson, ce qui explique la gravité des intoxications d'origines hydrique.

### **b) Effet du plomb :**

Toxicité aigue sur les organismes à partir de 0,1mg/l.

Chez l'homme, c'est un poison cumulatif responsable de saturnisme: atteinte neurologique (fatigue, irritabilité, retard intellectuel chez les enfants), troubles rénaux, cardiovasculaires (**GAUJOUS, 1995**).

Sur les organismes marins à doses élevées, il agit sur la croissance des organismes et il détruit les globules rouges des poissons (**DAJOZ, 1996**).

Le transport du plomb se fait par le biais du sang à tous les organes. Il est accumulé dans les tissus du corps, les os, le foie et les reins (**BELHADJ, 1996**).

Chez les poissons, le plomb s'accumule le plus fortement dans les os et les dents (**FRANK, 1992**). Il s'accumule aussi dans le foie, les reins et en dernier dans les muscles avec des concentrations inférieures à 1 µg/g (P.S). Chez l'homme, les ions  $Pb^{2+}$  entrent en compétition

avec  $\text{Ca}^{2+}$  dans la formation des os et peuvent aussi bloquer plusieurs enzymes (CHIFFOLEAU, 2001).

### 4.3- Le cuivre (Cu) :

Le cuivre est un métal rouge bleuâtre, ductile et malléable. Élément chimique métallique de symbole Cu, de numéro atomique 29, fond vers  $1038^{\circ}\text{C}$  et possède une densité de 8,9.

Les teneurs naturelles en cuivre dans l'eau de mer sont d'environ 50 mg/l (GAUJOUS, 1995). La valeur limite du cuivre dans l'eau de mer selon la Communauté Européenne est d'environ 1 mg/l. (Ministère fédéral allemand de la coopération économique et du développement, 1955).

Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal. Il est impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine. De plus, il est un cofacteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure intervenant dans un métabolisme oxydatif, la respiration cellulaire et la pigmentation (OMS-IPCS, 1998).

#### a) Source de pollution par le cuivre :

##### • Sources naturelles

Le cuivre peut être relâché dans l'environnement par des sources naturelles qui peuvent être, le transport par le vent des poussières de sol, les éruptions volcaniques, les décompositions végétales, les feux de forêts et les aérosols marins.

##### • Sources industrielles

Les principales sources anthropiques sont l'industrie du cuivre et des métaux en général, l'industrie du bois, l'incinération de ordures ménagères, la combustion de charbon, d'huile et d'essence et la fabrication de fertilisants (phosphate). Le milieu environnemental le plus exposé au cuivre est le sol: 97 % du cuivre libéré dans l'environnement s'y retrouve contre seulement 3 % dans les eaux et 0,04 % dans l'air (ATSDR, 1990).

#### b) Effet du cuivre :

Selon GAUJOUS (1995), le cuivre diminue l'activité photosynthétique (utilisé comme algicide), provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons. Il provoque aussi le verdissement des huîtres.

Dans les conditions normales, le cuivre ingéré est absorbé par l'estomac. La plus grande partie sera retenue par les tissus (90%) et accessoirement par les reins, la sueur et la salive. **(HOUOT et TARALLO, 1991)**.

Une ingestion importante de cuivre provoque une gastro-entérite, une hépatite toxique **(BARUTHIO, 1991)**. D'autres modifications dégénératives du foie apparaissent également chez l'animal **(LAUWERYS, 1982)**.

#### **4.4- Le Fer (Fe) :**

Elément métallique blanc argenté de symbole Fe et de numéro atomique 26, connu depuis les temps préhistoriques. Le fer pur a une densité comprise entre 4 et 5 ; il est mou, malléable et ductile. Il était utilisé dans la fabrication d'objets décoratifs et d'armes en tous genres.

Le fer est parmi les éléments métalliques les plus fréquemment rencontrés dans l'eau **(BONTOUX, 1993)**. Il provient de la lixiviation des terrains traversés, des minéraux argileux, et exclusivement des rejets industriels. **(RODIER, 1976)**.

Corps biogène dont l'isotope le plus abondant est un oligo-élément indispensable à tous les êtres vivants. Associé à un noyau tétrapyrrolique, il intervient dans la constitution des molécules d'hémoglobines ainsi que de plusieurs enzymes en particulier des cytochromes dont le rôle est essentiel tant dans la respiration que dans la photosynthèse. **(RAMADE, 2000)**.

##### **a) Source de pollution par le fer :**

- **Sources naturelles**

Elément le plus abondant dans la croûte terrestre, 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.

- **Sources industrielles**

Il provient essentiellement des industries métallurgiques et minières **(GAUJOUS, 1995)**.

### **b) Effet du fer :**

Le fer élément essentiel de la nutrition humaine. Les besoins journaliers sont de 1 à 2 mg (**RAMADE, 2000**). 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**).

En milieu alcalin, il y a formation d'hydroxyde ferrique colloïdal qui peut se fixer sur les branchies des poissons ; en milieu anaérobie, le sulfure ferreux donne une couleur noire (**GAUJOUX, 1995**).

Élément indispensable à la photosynthèse et la respiration, qui peut être un facteur limitant de la production, pas de toxicité directe (**GAUJOUX, 1995**).

### **4.5- Le nickel (Ni) :**

Ce métal a été découvert en 1771, il est blanc généralement jaunâtre, brillant inoxydable, dur et ferromagnétique, sa conductivité électrique est faible (**RAMADE, 2000**). Dans l'environnement, le nickel existe sous forme inorganique, c'est un métal mobile dans les eaux naturelles et soluble surtout à des valeurs de pH élevées (**MANCE et YATES, 1984, USPHS, 2000**).

Le nickel est souvent associé au Fe, Cu, Cr et Co dans les minerais de zinc. Il existe des minerais sulfurés (65 % de la production) avec une teneur en nickel de 0.7 à 3 % et des minerais oxydés (35 % de la production) contenant 1 à 3 % de nickel (**RODIER, 1996**).

#### **a) Source de pollution par le nickel :**

- **Sources naturelles**

Le nickel n'existe qu'en faible proportion sur l'écorce terrestre, peu toxique à l'état naturel (**SABRA, 1998**).

- **Sources industrielles**

Il a comme origine industrielle: traitement de surface, galvanoplastie (**GAUJOUX, 1995**).

Le nickel entre dans de nombreux alliages en raison de ses caractéristiques de dureté et de résistance à la corrosion (**RODIER, 1996**).



### **b) Effet du nickel :**

La toxicité humaine résulte généralement d'une prise très élevée de nickel (USPHS, 2000). Dans l'exposition à long terme, il présente un risque de fibrose pulmonaire et de cancer du poumon ou des voies aéro-digestives supérieures. Il est aussi sensibilisant induisant des réactions allergiques cutanées (RAMADE, 2000).

La toxicité du nickel pour les organismes marins est considérée comme faible. Des effets sur la reproduction des bivalves ont été observés à des concentrations supérieures à 300 µg / l (CHIFFOLEAU, 2001). Une toxicité pour des doses de 1 mg/l est enregistrée chez les algues et les poissons (GAUJOUS, 1995).

### **4.6- Le cadmium (Cd) :**

Le cadmium est un métal de symbole Cd, blanc brillant, ductile, malléable. Il est de numéro atomique 48, de densité de 8,65 dont le point de fusion s'élève à 321°C et le point d'ébullition à 765°C. Le cadmium est un élément assez rare dans l'environnement, il se rencontre souvent associé au zinc (BONTOUX, 1993).

Les concentrations dans l'eau de mer sont de l'ordre du microgramme par litre, du fait du processus de sédimentation sur le fond. Il se dissout dans les acides mais pas dans les bases. Il existe sous forme dissoute (sous forme d'ions  $Cd^{2+}$ ); colloïdale (formation de colloïdes ou complexes organiques cadmiés  $CdCO_3$ ); forme particulière (se concentre dans des particules minérales tels que les argiles et les oxydes et d'autres organiques (matière humique) (STUMM et WOLLAST, 1990).

Le cadmium est un poison cumulatif très toxique. Il inhibe la respiration cellulaire et un certain nombre de mécanismes enzymatiques fondamentaux (COUSIN, 1980).

Le cadmium est un métal dangereux pour les organismes car 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).

### **a) Source de pollution par le cadmium :**

- **Sources naturelles**

Le cadmium naturellement provient de l'altération géologique par les agents atmosphériques, ainsi que l'érosion et le lessivage de l'écorce terrestre qui libèrent et transportent le cadmium et d'autres oligo-éléments dans le milieu marin. Il provient aussi du

volcanisme qui est un facteur d'injection dans l'atmosphère. Les agents des contaminations dus aux activités humaines sont essentiellement les mines et les raffineries, les rejets industriels et les eaux usées urbaines, les engrais phosphatés et les insecticides (**RODIER, 1996**).

- **Sources industrielles**

Le cadmium est utilisé dans les engrais phosphatés, les industries de traitement de surface des métaux, les industries de stabilisation des matières plastiques, la fabrication des accumulateurs, des radiateurs automobiles et des colorants. On le trouve aussi dans les eaux de ruissellement des voies de circulation (**BAIZE et JANIEC, 1994**).

Le cadmium est aussi utilisé dans l'industrie d'électroplaques, les pigments de peinture et de poterie, dans les procédés de gravure, les batteries à cadmium et nickel et comme fongicide (**LAUREWYS, 1990**).

### **b) Effet du cadmium :**

Dans le milieu marin, le cadmium est rapidement transféré aux sédiments puis absorbé par les organismes vivants sur la vase.

Les effets écologiques du cadmium sont représentés essentiellement par une toxicité aigue sur les organismes supérieurs et les algues à partir de 0,1 mg/l (**GAUJOUS, 1995**).

**VERON, (1990)**, signale que le cadmium peut être absorbé par les voies respiratoires et digestives. Cette dernière représente la source majeure du cadmium pour l'homme durant sa vie, alors que chez les poissons, le cadmium est absorbé par les voies branchiales ou par l'intermédiaire de la nourriture.

Le cadmium est toxique pour les poissons, les invertébrés et les plantes d'eau douce sa toxicité dépend des paramètres de la qualité de l'eau. Chez les poissons, le cadmium peut perturber l'équilibre ionique en altérant la perméabilité des membranes cellulaires (**IFREMER, 2001**).

Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (**CHIFFOLEAU, 2001**).

## **B) BIOLOGIE DE LA CARPE COMMUNE**

### **1- La faune Ichtyologique :**

Les poissons forment un groupe biologique très riche et très varié qui peut contenir plus de 25000 espèces (**KHELIL, 1994**). Ils sont les premiers vertébrés apparus au Cambrien, il y a plus de 505 à 550 millions d'année (**BOURDIAL, 2000**).

Les poissons qui vivent dans les eaux douces, sont environs 52 espèces au Maghreb dont 20 espèces environ en Algérie, reformés dans 21 genres et 14 familles.

En Algérie ces poissons peuplent les Oueds, les rivières, les lacs, les barrages, ils appartiennent systématiquement à la classe des Ostéichtyens, la sous classe des Actinoptérygiens et au Super Ordre des Téléostéens. Ce dernier regroupe la quasi-totalité des espèces actuelles (**BOURDIAL, 2000**).

Dans la wilaya de Tlemcen, les poissons d'eau douce sont assez rares, on les retrouve globalement dans les barrages, dont la plus connue "la carpe commune" qui peut utiliser toutes les niches écologiques du milieu, tolérant des températures entre 18 et 30°C. C'est un animal qui peut s'adapter et résisté aux changements climatiques de notre région.

#### **1.1- Productivité piscicole :**

Originellement, la carpe est un poisson asiatique qui vivait dans les rivières du Sud-est de l'Europe et de l'Asie, puis elle s'est étalée dans une grande partie du globe suite à des introductions volontaires ou accidentelles. La carpe commune est l'un des poissons les plus répandus dans les rivières (**FELIX et TRISKA, 1975**).

##### **a- Choix du spécimen :**

En Algérie, les zones humides notamment constituent les principales zones où les poissons sont exploités pour leurs richesses nutritionnelles. Selon **LEGER (1932)**, il n'y a pas de petite surface d'eau convenable qui ne puisse être utilisée pour la production des poissons. En terme piscicole, la production sera la qualité et la quantité des poissons réellement produite dans une unité de temps, et de surface. La productivité sera donc la potentialité de production d'un milieu (**ARRIGNON, 1976**).

La carpe est un excellent poisson d'élevage, en raison de son caractère économique par rapport aux autres productions, les Cyprinidés peuvent constituer des communautés piscicoles dans les barrages et utilisés dans l'élevage par ses caractéristiques d'adaptation à une large gamme de température, à une forte fluctuation d'oxygène dissous et sa courte chaîne trophique.

### **b- Composition chimique (valeur nutritive) :**

La chair des poissons présente à peu près la même composition que les viandes. Ils renferment des protéines et la majorité des acides aminés indispensables.

**Tableau I-1 : Valeur alimentaire de poisson d'eau douce (Carpe commune) (D.P.R.H, 2006)**

Espèce composition	Carpe commune
Eau	76-77 %
Protéine	22-21%
Lipide	1%
Sels minéraux	1.33%

## **2- Taxonomie :**

La carpe appartient à l'ordre des Cypriniformes, c'est l'un des ordre les mieux représentés dans le monde avec 5 familles, pour 275 genres et environs 2662 espèces (BELAUD, 1996).

### **- Systématique**

La carpe commune appartient à l'embranchement des Vertébrés et à la classe des Ostéichtyens, elle fait partie de la famille des Cyprinidés.

- Règne : Animal
- Embranchement : Vertébrés
- Classe : Ostéichtyes
- sous Classe : Actinoptérygiens

- Super Ordre	:	Teléostéens
- Ordre	:	Cypriniformes ( <i>Berg, 1940</i> )
- Famille	:	Cyprinidae ( <i>Bonaparte, 1832</i> )
- Genre	:	<i>Cyprinus</i> ( <i>Linnaeus, 1758</i> )
- Espèce	:	<i>Carpio</i> ( <i>Linnaeus, 1758</i> )

### 3- Morphologie :

#### 3.1- Morphologie externe :

Les poissons ont un corps ovale, à peau couverte d'écailles cycloïdes plus ou moins grandes (**BELAUD, 1996**).

La tête des poissons porte les yeux, la bouche et les narines.

Les yeux n'ont généralement pas de paupières.

La bouche est terminale ou située à la face ventrale de la tête (hotu, soffie) ; dans ce dernier cas, le museau est proéminent et porte quelque fois le nom de rostre.

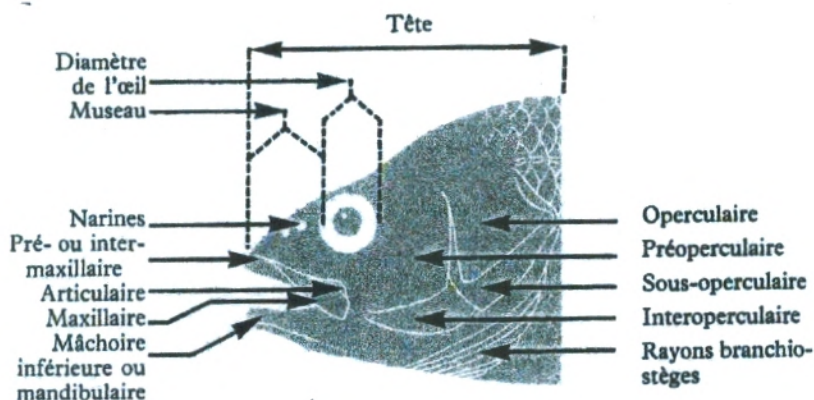


Figure I-1 : Tête d'un poisson (**LOSANGE, 1999**).

La carpe commune, possède une nageoire dorsale longue comportant un premier rayon épais et dentelé. Les nageoires ventrales sont situées en arrière des nageoires pectorales. La carpe commune est entièrement recouverte de grandes écailles 35 à 40 sur la ligne latérale

(DUBORGEL, 1955). La coloration est brune à reflets dorés, avec un ventre plus clair (du blanc crème au jaunâtre) (MUUS et DAHLSTROM, 1991).

Les Carpes sauvages de 3 à 4 ans mesurent de 20 à 40 cm et pèsent de 300 à 1000 g. Le maximum dépasse rarement le mètre, le poids est de 25 à 30 Kg pour un âge de 40 ans (LOSANGE, 1999).

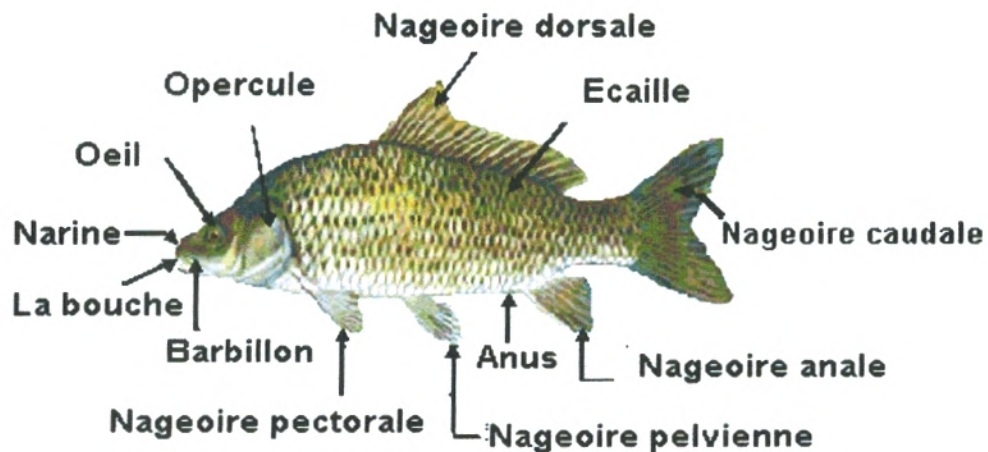


Figure I-2 : Morphologie externe de la carpe commune (BILLARD, 1997).

### 3.2- Les nageoires :

Les nageoires sont les membres des poissons. Les nageoires paires (pectorales, pelviennes) correspondent aux membres des Mammifères.

En plus des nageoires paires, existent des nageoires impaires : nageoire dorsale, nageoire caudale et nageoire anale (ARRIGNON, 1998). La carpe commune est caractérisée par :

- la nageoire dorsale située le long de la ligne médiane du dos,
- la nageoire caudale située à l'extrémité de la queue,
- la nageoire anale située sur la ligne latérale du ventre entre l'anus et la queue.

Le corps porte deux paires de nageoires latérales :

- la nageoire pectorale, qui est habituellement placée sur les flancs, derrière les fentes branchiales

- la nageoire pelvienne qui se trouve sur le ventre, entre la tête et l'anus (**EL-HADEF, 2005**).

### **4- Anatomie interne :**

Après avoir rapidement examiné ce qui est visible, il convient par dissection, de se familiariser avec les grandes lignes

#### **4.1- Squelette :**

Les écailles d'un poisson constituent son squelette dermique. Le squelette interne osseux de la plupart des poissons se compose d'un crâne portant les mâchoires, d'une colonne vertébrale, des côtes et une série d'os qui soutiennent les nageoires. De petits os sont souvent répartis dans les muscles : ce sont les arrêtes (**EL-HADEF, 2005**).

Le squelette de la tête comprend celui du crâne qui protège les centres nerveux et celui de la face qui forme les mâchoires et soutient l'appareil branchial.

Les autres os du tronc, séparés de la colonne vertébrale, sont les supports des nageoires et leur relation avec le squelette.

Les os des nageoires sont des rayons plus ou moins osseux (**ARRIGNON, 1998**).

#### **4.2- Les muscles :**

Les principaux muscles du corps d'un poisson sont disposés sur les côtés le long du tronc et de la queue. La plus grande masse musculaire court le long du dos, de chaque côté de la moelle épinière. Elle se compose d'une série de segments emboîtés. Lors de la nage ordinaire, la contraction successive des segments musculaires d'avant en arrière et alternativement de chaque côté donne à l'ensemble du corps (et surtout à la nageoire caudale) un mouvement d'ondulation. De petits muscles commandent les mouvements de la bouche, des branchies, des nageoires et des yeux (**EL-HADEF, 2005**).

### 5- Physiologie :

#### 5.1- Respiration :

La respiration permet aux organismes d'obtenir de l'oxygène et d'éliminer du dioxyde de carbone. Les cellules animales réalisent en effet l'oxydation des nutriments apportés par l'alimentation et obtiennent ainsi l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. Ces réactions nécessitent de l'oxygène et produisent du dioxyde de carbone.

L'approvisionnement des cellules en oxygène et l'évacuation du dioxyde de carbone produit sont effectués grâce aux appareils respiratoires (**SANDRINE et HENRI, 2000**).

La carpe a une respiration branchiale.

#### a- Origine embryonnaire des branchies :

La partie antérieure du tube digestif est dilatée en pharynx qui a un double rôle digestif et respiratoire. De chaque côté, le pharynx émet des évaginations, les poches viscérales, d'origine endodermique comme l'ensemble du tube digestif, poches qui viennent au cours du développement au contact de la paroi ectodermique du corps. Celle-ci se perce, formant ainsi les fentes viscérales. Plus tard au cours du développement chez les poissons, ces fentes viscérales se transforment en fentes branchiales et les poches viscérales en poches branchiales dont les parois se couvrent de lames branchiales.

Entre deux poches branchiales adjacentes se constituent un septum branchial qui comporte un soutien squelettique, le futur arc branchial, des vaisseaux sanguins, les arcs aortiques afférents et efférents, et une importante musculature (**CORSIN, 1999**).

#### b- Anatomie du système branchial :

Chez l'adulte, quatre arcs branchiaux portent des lames branchiales sur les 7 arcs viscéraux qui se forment chez l'embryon (Fig.I-3 a). Ils sont logés dans une chambre branchiale recouverte de l'opercule (Fig.I-3 b). Chaque arc porte 2 séries de lames branchiales, chacune étant ramifiée en lamelles réparties sur ses 2 faces pharyngienne et operculaire (Fig.I-3 c) (**CORSIN, 1999**).



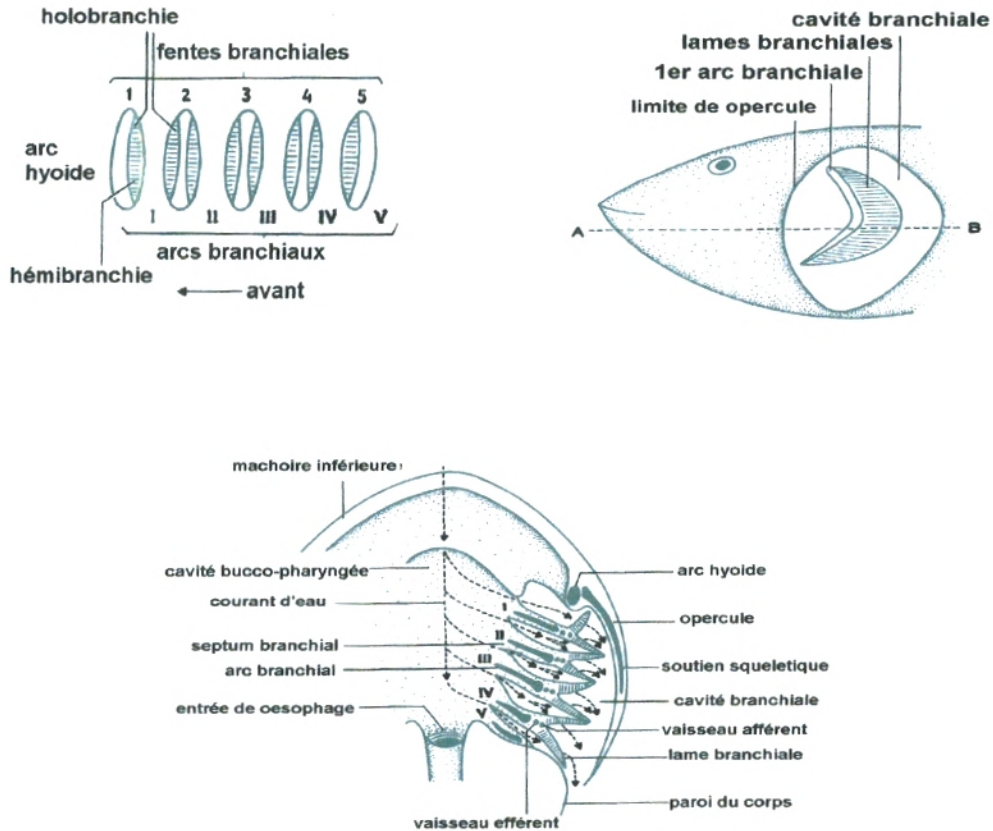


Figure I-3 : Appareil branchial (CORSIN, 1999).

**c- Fonctionnement :**

L'eau y est amenée par le jeu de la pompe bucco-pharyngée et de la pompe operculaire. Le système à contre-courant permet une extraction optimale de l'oxygène de l'eau (SANDRINE, 2000).

Les branchies ont une forme de feuilles minces ou de filaments, à travers lesquels le sang circule. Pour respirer, le poisson absorbe de l'eau par la bouche et l'expulse à travers les branchies: l'oxygène dissous passe à travers les membranes des branchies dans le sang et le dioxyde de carbone passe du sang dans l'eau (EL-HADEF, 2005).

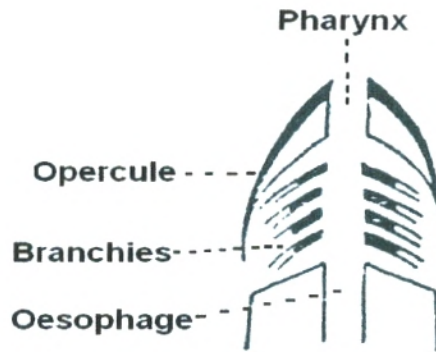


Figure I-4 : Disposition des branchies (CORSIN, 1999).

La vitesse de diffusion de l'oxygène dans l'eau étant lente, le milieu, donc l'eau, doit être renouvelé dans la chambre branchiale. Les mouvements d'ouverture et de fermeture de la cavité bucco-pharyngée et de l'opercule créent un courant d'eau unidirectionnel (Fig.I-5) (CORSIN, 1999).

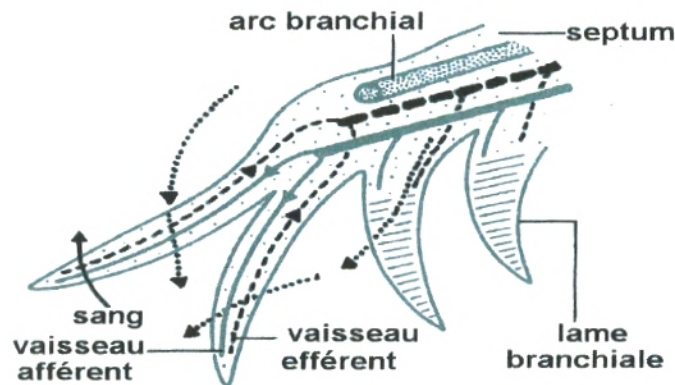


Figure I-5 : Circulation de l'eau et du sang au niveau des branchies (CORSIN, 1999).

*-première temps :* La bouche est ouverte, le plancher bucco-pharyngien s'abaisse et l'opercule se ferme. L'eau entre par la bouche, passe dans les poches branchiales et s'écoule lentement entre les lamelles.

*-deuxième temps :* la bouche est ouverte, le plancher bucco-pharyngien s'abaisse et l'opercule se ferme. L'eau entre par la bouche, passe dans les poches branchiales et s'écoule lentement entre les lamelles.

L'espace étant réduit, l'eau s'écoule lentement ce qui permet une meilleure extraction de l'oxygène (CORSIN, 1999).

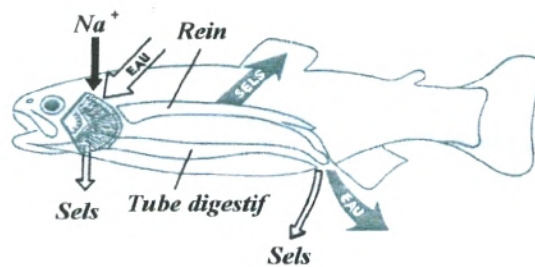
La quantité d'oxygène dont disposent les poissons est toujours limitée et peut s'abaisser accidentellement à la suite d'une hausse de la température ou du développement d'une pollution. Il est donc indispensable qu'un mécanisme permette aux poissons de faire face pendant un temps plus ou moins long à une baisse de la pression d'oxygène.

Ce mécanisme repose sur la présence dans la membrane plasmique des érythrocytes d'une protéine échangeuse de protons  $H^+$  contre  $Na^+$ .

### Echange d'eau et de sels minéraux :

La paroi des branchies semi-perméables pose des problèmes d'osmose car la concentration moléculaire du sang des poissons d'eau douce est considérablement plus élevée que celle de l'eau du milieu ambiant : le sang est hypertonique. La dilution du sang par l'eau passant par les branchies serait fatale si les reins n'avaient pas un pouvoir d'élimination de l'eau introduite pour conserver au sang une concentration constante.

En eau douce, le poisson est traversé par un courant d'eau : branchies, sang, reins (Fig.I-6).



**Figure I-6 : Equilibre hydrominéral chez le poisson placé en eau douce (CORSIN, 1999).**

### 5.2- Appareil digestif :

Il comporte habituellement une bouche munie d'une ou plusieurs rangées de dents, un pharynx, un œsophage, un estomac et un intestin terminé par un orifice anal. Il y a un pancréas et un foie (EL-HADEF, 2005) (Fig.I-7).

La vessie natatoire, c'est une cavité qui s'ouvre en arrière de l'appareil digestif et se remplit d'oxygène et d'azote extraits du sang. La fonction principale de cet organe est d'adapter le poisson aux variations de la pression de l'eau à différentes profondeurs (EL-HADEF, 2005).

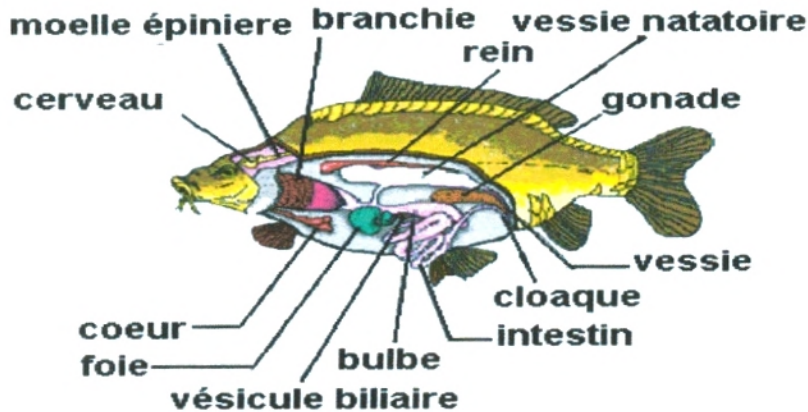


Figure I-7 : Appareil digestif (EL-HADEF, 2005).

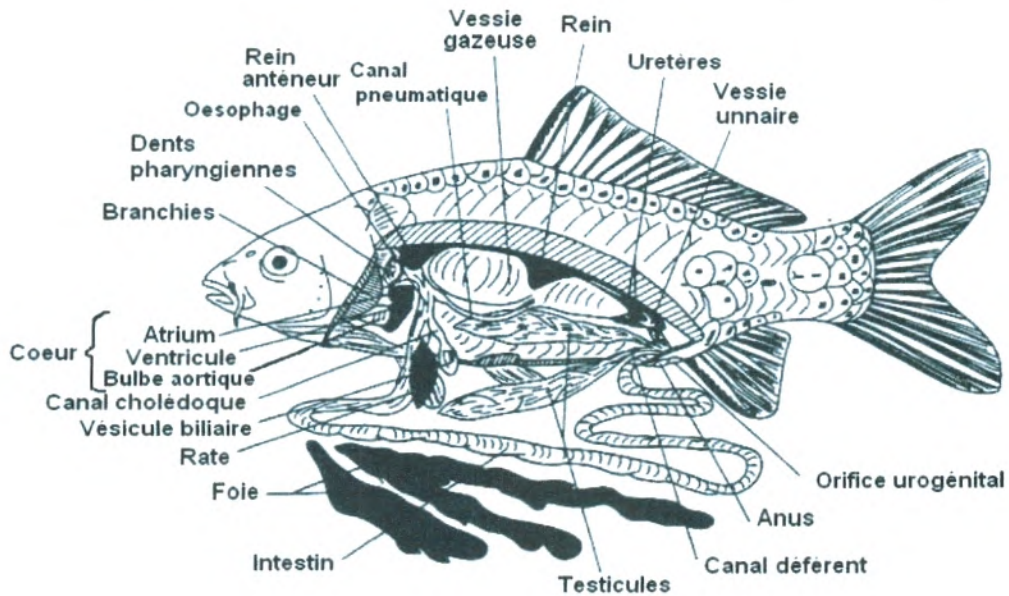
Selon **ARRIGNON**, (1998) ; d'une manière très schématique, on peut dire que l'appareil digestif du poisson comprend :

- la bouche
- un tube qui relie la bouche à l'anus
- et des glandes digestives qui y déversent leurs sécrétions.

Certaines sont parties intégrantes de ce tube, d'autres sont individualisées (foie et pancréas).

De l'avant vers l'arrière on trouve donc :

- la bouche et les dents,
- le pharynx et l'œsophage,
- l'estomac,
- le pylore,
- l'intestin et l'anus (Fig.I-8).



**Figure I-8 : Schéma de l'organisation interne d'un poisson omnivore, la carpe (*Cyprinus carpio*) (dessin M.DORSON, in DE KINKELIN, 1985). (Courtoisie de l'INRA).**

La bouche est fonctionnelle : télescopique et fouilleuse chez la carpe (prolactile). Les dents sont également fonctionnelles.

A la cavité buccale fait suite le pharynx, carrefour où s'ouvrent les branchies, puis l'œsophage et l'estomac dont la forme générale affecte celle d'un U. il est à noter que la digestion chez les poissons est plus chimique que mécanique et que les parois stomacales sécrètent des sucs gastriques très actifs.

A la partie antérieure de l'intestin, on trouve le canal cholédoque, venant du foie et celui du pancréas. Son rôle essentiel, comme chez les mammifères, est le passage des éléments nutritifs dans le sang.

Le foie est une grosse glande brune, placée en arrière du cœur et souvent accompagnée d'une vésicule biliaire. L'aspect du foie permet souvent d'apprécier l'état sanitaire des sujets disséqués.

La vessie natatoire fait partie de l'appareil digestif dont elle constitue une sorte de goitre à la partie supérieure. La vessie joue surtout le rôle d'un appareil hydrostatique que le poisson comprime plus ou moins suivant le niveau qu'il veut occuper dans la masse liquide.

L'anوس débouche en avant des orifices génito-urinaires et du premier rayon de la nageoire anale. Il peut avoir des disposition variées et est parfois utilisé dans la détermination des sexes : chez la carpes ou le male a l'anوس concave et la femelle l'anوس convexe et turgescent (**ARRIGNON, 1998**).

### 5.3- Excrétion :

Le métabolisme des cellules animales implique l'utilisation des nutriments et de l'oxygène. Il produit des déchets comme le dioxyde de carbone et diverses substances azotées (urée, acide urique, ammoniac). L'excrétion correspond à l'élimination de ces déchets, à l'échelle de la cellule mais aussi de l'organisme.

Ce pendant, le terme excrétion est généralement élargi à l'élimination de toutes les substances présentes en excès dans l'organisme (eau, ion, substances toxiques) et il devient ainsi indissociable de l'osmorégulation et de l'ionorégulation, phénomènes contribuant au maintien de l'équilibre hydrominéral de l'organisme (**SANDRINE, 2000**).

Les reins, organes essentiels de l'appareil excréteur, ne se présentent absolument pas comme ceux des mammifères : il s'agit de glandes brunes, très allongées, parfois très ramifiées, plus ou moins soudées, tapissant la partie dorsale de la cavité viscérale.

Deux uretères drainent l'excrétât jusqu'à l'orifice urinaire, parfois par l'intermédiaire d'une vessie terminale qui n'est qu'un renflement des uretères (**ARRIGNON, 1998**).

Excrétion recouvre deux activités fondamentales différentes :

- la régulation ionique qui maintient la constance de la composition du milieu intérieur en régulant l'entrée et la sortie des ions et de l'eau.
- l'excrétion au sens propre qui rejette dans le milieu extérieur les déchets du métabolisme des protéines.

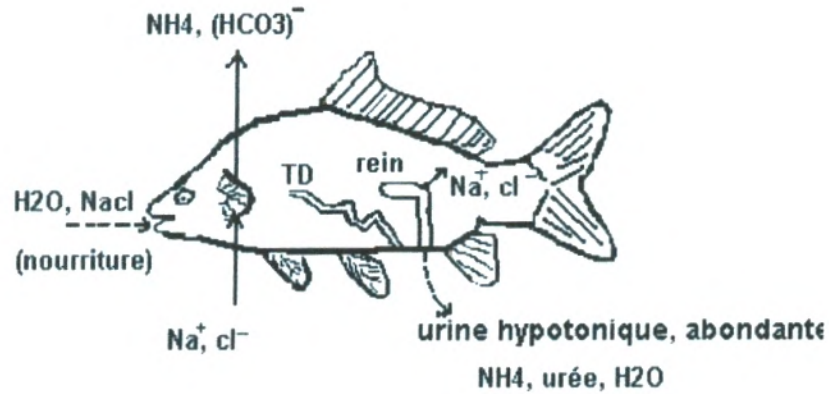


Figure I-9 : Régulation osmotique chez un téléostéen d'eau douce (CORSIN, 1999).

#### 5.4- Reproduction :

La reproduction des Cyprinidés a, en général lieu au printemps en zone tempérée, les œufs étant les plus souvent de petite taille (BILLARD, 1995). La ponte se fait généralement sous une température de 18 à 20°C dans la végétation (SCHLUMBEGER, 1997). De juin à août, dans les eaux peu profondes, la femelle pond plusieurs milliers d'œufs adhésifs (environ 100 000 par kg de son poids). Le développement embryonnaire est bref et les larves, dès l'éclosion, doivent impérativement trouver une alimentation de petite taille (ciliés, rotifères puis petit crustacés) qui ne se trouve en quantité suffisante que lorsque la température de l'eau augmente (BILLARD, 1995). Les poissons offrent une diversité de possibilités et de conditions de reproduction tout à fait remarquable.

##### 5.4.1- Bases biologiques :

L'œuf résulte de la fusion de deux gamètes, l'un male, l'autre femelle, issus de cellules sexuelles logées, suivant les sexes, dans des ovaires ou dans des testicules. Lors de la division cellulaire, la chromatine du noyau affecte la forme de bâtonnets ou de filaments, individualisés et en nombre toujours strictement déterminés. Ces bâtonnets sont les chromosomes, vecteurs des facteurs de l'hérédité, ou gènes.

Etant donné que le nombre de chromosomes d'un gamète d'une espèce vivante est de N et que l'œuf résulte de la fusion de deux gamètes, la cellule normale de cette espèce vivante contient 2N chromosomes et elle est dite diploïde.

L'œuf non fécondé est une grosse cellule immobile ayant un noyau spécial, le pronucléus, revêtu d'une enveloppe criblée de petits canaux et percée d'un orifice ou micropyle qui sert au passage des spermatozoïdes.

La fécondation ne peut s'opérer que pendant un laps de temps très court car, dans l'eau, l'œuf gonfle et le micropyle se ferme, par ailleurs les spermatozoïdes ont une vie très courte. Certains croisements aboutissent à des hybridations, fréquentes notamment chez les Cyprinidés (ARRIGNON, 1998).

### 5.4.2- Caractères sexuels :

Les caractères sexuels permettent la différenciation à vue des mâles et des femelles. Ces caractères concernent un certain nombre de manifestations :

- primaires, les papilles génitales, chez la carpe par exemple, concave chez le mâle, convexe chez la femelle.

- secondaires:

- \* la taille en règle générale, les femelles sont plus grandes que les mâles

- \* la robe : les mâles ont des couleurs plus vives qui se renforcent lors de la période de reproduction ; ils ont leur parure de noce.

Le comportement sexuel est également source de différenciation.

Chez les espèces qui ont une parure de noce, les mâles font la cour aux femelles en dansant, en virevoltant autour d'elles, en motivant le déclenchement de la ponte par la présentation effrénée de leur parure aux vives couleurs (ARRIGNON, 1998).

### 5.4.3-Les stades de développement des ovaires et des testicules :

La reproduction n'a lieu, pour une espèce donnée, que dans des conditions de milieu données : environnement, température, salinité, oxygénation.

Si à l'époque de la reproduction, l'une de ces conditions fait défaut, la ponte peut être différée (température pour la carpe).

En effet, singulièrement chez la femelle, la reproduction saisonnière fait suite à un long repos sexuel au cours duquel le poisson s'alimente énormément et fait des réserves, utilisées au profit des gonades qui prennent des proportions importantes.



### a- La morphologie des gonades

- Les organes femelles sont les ovaires, à aspect granuleux, très vascularisés, de teinte rosée.
- Les organes males sont les testicules ou laites allongés en cordons lisses de couleur laiteuse.

Les gonades offrent une large diversité de formes et de structures. Chez le male il y a en général une paire de testicules. Chez les Cyprinidés, les testicules sont légèrement lobés qui se prolonge vers l'arrière par des spermiductes courts. Ce spermiducte se remplit de sperme après spermiation et sert de réservoir, ce qui permet au male d'émettre lors de la fraye une quantité élevée de spermatozoïdes. Les spermatozoïdes sont accumulés avant la fraye à l'intérieur même des testicules (BILLARD, 1997).

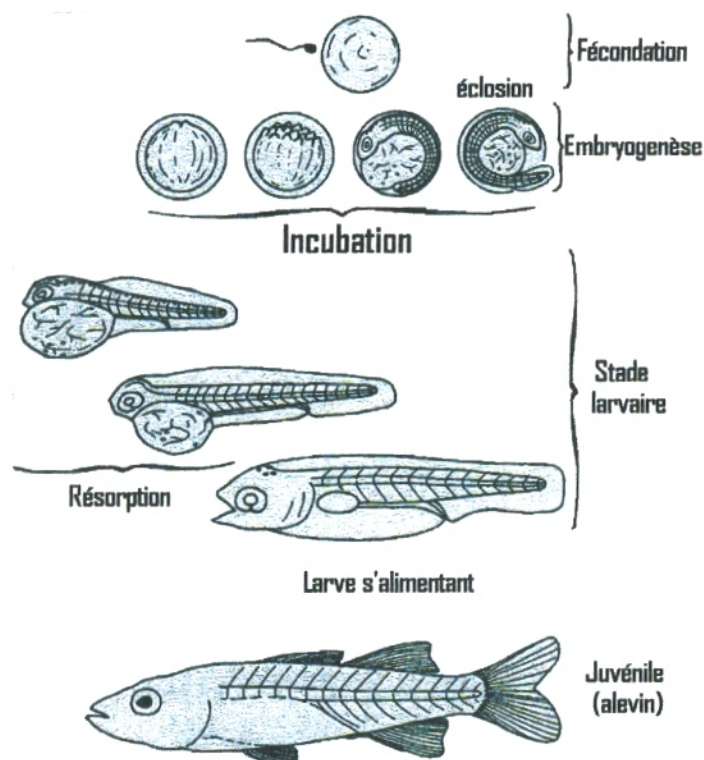


**Figure I-10 : Morphologie schématique de testicule de Carpe (pairs)  
(BILLARD, 1997).**

Les produits sexuels du mâle constituent la laitance. Le sperme renferme des millions de spermatozoïdes qui ne survivent pas au contact de l'eau.

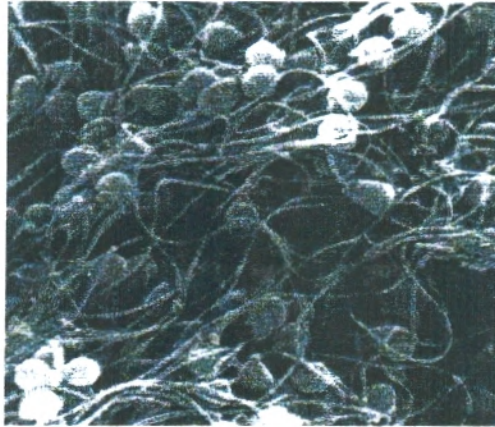
#### **5.4.4-La fécondation et le développement embryonnaire et larvaire:**

Le début du développement inclut les phases d'embryogenèse qui s'achèvent à l'éclosion et donnent naissance à une larve qui subira un ensemble de transformations (métamorphose) aboutissant à un individu, ayant la morphologie de l'espèce, qualifié alors de juvénile ou alevin (Fig.I-11).



**Figure I-11 : Représentation schématique des premières étapes de la vie du poisson : fécondation, embryogenèse et développement larvaire (BALON, 1975).**

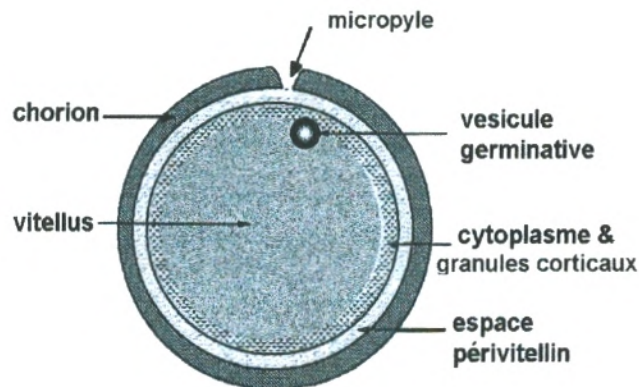
La fécondation est externe pour la Carpe. Du fait de leur brève durée de vie les spermatozoïdes n'effectuent que des déplacements très courts : 5 mm chez la carpe ; c'est-à-dire que le nombre de spermatozoïdes autour de l'ovule doit être élevé et cela d'autant plus que les ovules sont dispersés dans l'eau. Lors de la fraye le mâle devra donc être en mesure de libérer un nombre de spermatozoïdes en rapport avec la dispersion des ovules et ce nombre est en relation avec la taille des testicules (**BILLARD, 1997**). La concentration de la laitance en spermatozoïdes est très élevée, elle est de 10 milliards/ml chez les cyprinidés.



**Figure I-12 : Spermatozoïdes dans la laitance de carpe (BILLARD, 1997).**

La Carpe est parmi les espèces qui ne protègent pas leurs œufs. Il disperse sur les végétaux (BALON, 1975).

Lors de la fécondation le spermatozoïde atteint l'ovule via le micropyle qui est un orifice ménagé dans le chorion, au pôle animal à proximité de la vésicule germinative (Fig.I-13). Le spermatozoïde, dépourvu d'acrosome, chez les Téléostéens n'aurait en effet pas la possibilité de traverser le chorion qui protège l'œuf et qui est épais et résistant. Cet emplacement permet d'amener à proximité du noyau de l'ovocyte le spermatozoïde ; ce dernier n'aurait pas en effet la possibilité de traverser l'importante masse de vitellus en cas d'entrée à l'opposé, au pôle végétatif.



**Figure I-13 : Représentation schématique d'un ovocyte ovulé (BILLARD, 1997).**

### 5.5- Nutrition :

Concernant l'alimentation, la carpe est une espèce omnivore, opportuniste et benthophage. Elle fouille jusqu'à 15cm au fond vaseux (**DOSTAT et al, 1996**).

Le régime alimentaire est extrêmement diversifié, les Cyprinidés s'alimentant à tous les niveaux trophiques: végétaux supérieurs, phytoplancton, zooplancton, zoobenthos, bactérie fixées sur des détritiques divers. Un grand nombre de caractères morphologiques et physiologiques sont liés à cette diversité et versatilité dans le régime alimentaire aidant à la capture, la réduction et la digestion des proies (**BILLARD, 1995**).

La nourriture consiste en Pucelles d'eau, larves de Diptères et autres Insectes aquatiques, de Vers et de divers petits Mollusques. Des graines de plantes ou des algues sont comprises dans la nourriture. Occasionnellement, la Carpe mange des grenouilles, des épinoches ou des alevins (**LOSANGE, 1999**).

Les poissons ont besoin de quantités importantes de protéines dans leur ration (32% de la ration pour le régime des carpes adultes). Le reste de la ration est constitué de lipides, de glucides en quantités variables, de substances minérales et de vitamines. Ce besoin important en protéines résulte de plusieurs causes dont les trois plus importantes sont :

- toutes les protéines ingérées n'ont pas le même coefficient de digestibilité. Ce coefficient est supérieur pour les protéines d'origine animale par rapport aux protéines végétales,

- une partie importante des acides aminés absorbés par l'intestin, après digestion des protéines, est oxydée au niveau des tissus et cette fraction ne pourra donc être utilisée pour la synthèse des protéines tissulaires. L'oxydation complète de ces acides aminés, en revanche fournit de l'énergie directement utilisable par le poisson.

- le fort besoin en protéines des poissons résulte aussi du fait que, chez ces animaux, la croissance est très lente et donc que la protéosynthèse présente une vitesse faible (**BILLARD, 1995**).

### 5.6- Habitat :

Espèce caractéristique des eaux stagnantes ou à courant lent, riche en végétation et à fond de vase (**FELIX et TRISKA, 1975**). Aimant l'eau calme des étangs, des canaux et des fosses profondes des rivières lentes, elle ne dédaigne pas, durant les grandes chaleurs d'août, les courants assez vifs où l'eau glisse rapidement sur les roches (**DUBOURGEL, 1955**).

La Carpe affectionne les eaux calmes et chaudes, riches en végétation aquatique. Elle se plaît aussi dans les eaux stagnantes des étangs (**MUUS et DAHLSTROM, 1991**).

Selon **SCHLUMBERGER (1997)**, la carpe résiste au milieu pollué. C'est un poisson d'eau chaude ou la température optimale oscille entre 20 et 28°C. La teneur en oxygène dissous est de l'ordre 0,5mg/l. Il supportent aussi de fortes et rapides fluctuations thermiques (**BILLARD, 1995**).

# Chapitre II

## **Présentation de la Zone D'étude**

### **1- Situation géographique de la zone d'étude :**

La ville de Sidi Abdelli est située au Nord-Est de la wilaya de Tlemcen, plus précisément entre les monts de Tessala au Nord-Est, les monts des Traras au Nord-Ouest et les monts de Tlemcen au Sud.

Elle est localisée à 33 km environs du chef lieu de la wilaya et à une altitude de 467 km.

Elle est limitée au Nord par la communes d'Aghlal (Ain Temouchent), au Sud par les communes d'Ain Fezza et Ouled Mimoun, à l'Est par Ain Nehala, Talout et Ougbellil (W. Sidi belabbes) et à l'Ouest par les communes de Bensekrane et d'Amieur

Le barrage "El-Izdihar" de Sidi Abdelli, achevé en 1989 est situé sur l'Oued Isser à deux kilomètres au Nord du village de Sidi Abdelli et à huit kilomètres de la ville de Bensekrane, il s'étend sur une superficie de 669,15 Ha.

### **2- Bassin versant de l'Oued Isser :**

Le bassin versant de l'Oued Isser est situé au Nord-Est de la wilaya de Tlemcen. Sa limite avale coïncide avec le barrage de Sidi Abdelli. L'Oued Isser long de 118 km est un affluent de la rive droite de l'Oued Tafna, il prend naissance dans la source de Ain Isser à 10 km en amont de Ouled Mimoun sur les versants Nord du massif montagneux de Tlemcen, à une altitude de 900 m. Il coule principalement au Sud-Ouest et Nord-Est puis change de direction et devient Est-Ouest. L'Oued Isser présente une pente moyenne de 6,9 % qui favorise l'érosion (A.N.B.T, 2004).

Les Oueds Sikkak et Chouly sont les deux affluents importants de l'oued Isser. Ce dernier traverse trois agglomérations, Ouled Mimoun, Sidi Abdelli et Bensekrane. Toute fois, il ne reçoit pas les rejets industriels de Tlemcen directement mais par l'intermédiaire de l'oued Sikkak dans la zone avale. Il présente aussi des eaux de qualité médiocre avant sa confluence avec la Tafna (YADI, 1991).

Les hauteurs du bassin sont occupées par des garrigues (formations végétales secondaires qui apparaissent sur des sols calcaires après destruction de la forêt alors que les vallées sont des terrains agricoles notamment les cultures maraîchères et fruitières (HAMZA CHERIF, 2002).



Figure II-2 : Carte du bassin versant d'Isser (originale).



### 3- Description du milieu physique :

#### 3.1- Relief et topographie :

La zone d'étude présente dans la partie Ouest une chaîne montagneuse composée de Djebel Rocher, Djebel Zaronel, Djebel Errmaili, et Djebel Ouakrif. Au Sud, elle est composée de Djebel El Matmar, Djebel El Abiod, dont l'altitude varie de 684 à 948 mètres.

#### 3.2- Hydrologie :

Les sources thermales des Abdellys s'étendent et forment un bassin extrêmement important de plus de 170 Km<sup>2</sup> (**Rapport A.P.C**). Etant donné qu'elles se trouvent sur la frontière avec la zone d'évaporation élevée, on doit supposer que celle-ci atteint également une valeur élevée.

Donc, il ne reste plus qu'une fine pluie d'infiltration de 100 mm. Cette valeur représente cependant une recharge importante, de l'ordre de 17 millions m<sup>3</sup>/an ce qui donne un potentiel de 5400 l/s (**Rapport A.P.C**).

La position géographique de la zone, la disposition du relief, ont permis l'apparition d'un réseau hydrographique important qui est lié en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des ères géologiques.

L'écoulements de ces oueds est caractérisé par :

- une forte dépendance par rapport aux précipitations ;
- des crues violentes et très irrégulières ;
- un débit d'étiage très faible à nul, s'étalant du mois de juin jusqu'au mois de septembre.

Le débit d'étiage de quelques oueds peut rester pérenne parce qu'il est alimenté par des sources et par des effluents.

En outre, les différentes formations géologiques de la région ont permis la naissance des divers niveaux aquifères, qui donnent lieu à leur tour à un nombre important de sources qui contribuent à l'alimentation des oueds, notamment oued Isser (**COLLIGNON, 1986**).

### 3.3- Géologie générale de la région :

La région de Sidi Abdelli est constituée de quatre principales formations géologiques : le secondaire, le tertiaire, le quaternaire et le plio quaternaire. Les données utilisées ont été relevées de la carte lithologique et des rapports établis par l'A.P.C de Sidi Abdelli et l'A.N.B.T.

- **Formations secondaires**

Elles sont représentées par les terrains Jurassiques qui comprend de puissantes capes gréseuses, qui reposent sur une marne et présentent un horizon calcaire marneux, elles se subdivisent en 3 étages :

- kimméridgien inférieur, dolomite et calcaire.
- kimméridgien moyen marneux avec des intercalations marneuses et calcaire.
- kimméridgien supérieur, dolomite et calcaire qui forme de fortes pentes.

- **Formations tertiaires**

Le tertiaire est représenté par des marnes et des grés du miocène moyen, qui constituent une dépression occupée par l'Oued Isser et ses affluents.

- **Formations plio quaternaires**

Elles sont représentées par des dépôts plio-villafranchienne qui s'étendent surtout au Sud-Est de la commune de Sidi Abdelli.

- **Formations quaternaires**

Ces formations présentent les dépôts suivants :

- les alluvions récentes et subactuelles,
- terrasse de 10 à 12 m (Soltanien),
- les glacis de pentes Soltaniens,
- les croûtes et encroûtements (Tensiftien),
- les travertins post-villafranchien.

Les alluvions occupent le fond de l'Oued Isser ainsi que les rives, sur une largeur variable pouvant atteindre 2 km (alluvions récentes holocènes), alors que les terrasses s'élèvent de 10 à 12 m au dessus des alluvions récentes du lit majeur.

Les croûtes et encroûtements s'étendent sur une grande partie de la plaine de Sidi Abdelli qui se situe au centre de la commune, tandis que le site du barrage est occupé par les alluvions, formations tertiaires des marnes, du miocène moyen.

### **3.4- Pédologie :**

En générale la région de Tlemcen se caractérise par des sols fersiallitiques rouges et bruns et des sols calcaires. Les travaux de **DURANT (1954)** nous donnent un aperçu sur les différents types des sols rencontrés dans la région de Sidi Abdelli.

#### **- Sols sur calcaire Jurassique :**

Ils s'agit généralement des sols rouges souvent profonds reposant directement sur les calcaires lithographiques. Parfois, par suite de la dislocation des blocs rocheux ou de la présence des fissures, le sol s'approfondit très localement. Généralement, ces sols sont difficilement exploitables en pente, localisés au Sud-Ouest de la commune.

#### **- Sols bruns profonds :**

Ce titre sans prétention pédologique, s'applique à une large zone dont les sols ont pour caractère commun une profondeur importante. Ils sont riches en argile et conduisent à des structures nettement prismatiques en profondeur

#### **- Sols rouges profonds :**

Ces sols ont pour origine des colluvionnements plus ou moins anciens provenant des monts jurassiques. Il s'agit des sols dont la texture est généralement argileuse, ils sont très riches en fer et généralement non calcaires.

Dans la partie Nord de la région, des sols rouges apparaissent parfois en position de thalweg, ils sont alors plus légers, argilo-sableux ou limno-sableux.

#### **- Sols d'alluvions :**

Ils occupent d'étroites bandes de terrains de part et d'autre du lit actuel de l'Oued Isser ainsi que ses affluents. Selon leur localisation, leur nature même est assez variable, mais ils gardent tous une profondeur assez importante.

### - Sols sur marne :

Les marnes apparaissent au Nord de la plaine ainsi que dans le thalweg creusé par Oued Senoussi. Il faut toutefois noter le taux d'argile élevé qui peut entraîner des phénomènes structuraux et limite la pénétration de l'eau à l'intérieur du sol.

### - Sols bruns sur croûtes et encroûtements :

Ces sols sont généralement reposés sur des encroûtements de consistance variable et peuvent se présenter sous la forme de granules et de nodules. Entre ces encroûtements et la partie superficielle du sol, apparaissent souvent des croûtes lamellaires de faible puissance.

Les croûtes lamellaires peuvent être facilement détruites mécaniquement; les zones de sols profonds à croûtes sont occupées actuellement par des vignes ou des céréales, localisées au centre de la plaine de Sidi Abdelli.

### - Sols rouges peu profonds sur les croûtes et les encroûtements :

Ces sols présentent un profil assez proche des sols bruns sur croûtes et encroûtements. Toutefois, ils sont normalement dépourvus de calcaires dans leur partie supérieure. Ce sont là encore des sols à vigne localisés au centre et au Sud de la plaine de Sidi Abdelli.

### 3.5- La végétation :

La végétation est une source d'apports allochtones de matières organiques fraîches dans l'eau, elle fait appel à une faune diversifiée (LUSH, 1989).

Dans ce sens, l'étude des différents types de végétation qui caractérisent la région d'étude (Sidi Abdelli) comporte la végétation suivante :

#### ● Végétation terrestre :

La végétation terrestre est caractérisée par la présence de trois strates végétales :

- la strate arborée représentée principalement par une surface très réduite des forêts,
- la strate arbustive représentée notamment par les arbres fruitiers, et des vignes,
- la strate herbacée représentée par quelques cultures annuelles (**Rapport A.P.C**).

- **Végétation aquatique :**

La végétation aquatique est dominée par deux espèces à savoir, *Nitella flexilis* de la famille des Characeae et *Potamogeton lucens* de la famille des Potamogetonaceae (LUSH, 1989).

#### 4- Présentation du site d'étude :

Le barrage El-Izdihar de Sidi Abdelli, est l'un des plus importants barrages de l'Ouest algérien. Celui-ci est destiné principalement à l'alimentation en eau potable de la ville d'Oran et accessoirement à l'irrigation de différents périmètres agricoles situés à l'aval (A.N.B.T, 2000).

Le barrage destiné à l'alimentation en eau potable de la région de Sidi Bel-Abbes. La zone d'étude est à peu près située entre les coordonnées suivantes

- ♣ Coordonnés géographiques :

- Latitude : de 34° 42 à 35° 10.
- Longitude: de 1° 25 à 0° 52.

- ♣ Quadrillage Kilométrique Lambert Nord Algérie

- Latitude: de 161,7 Km à 214,0 Km.
- Longitude: de 123,0 Km à 177,3 Km.



**Figure II-3 : Barrage Sidi Abdelli**  
(A. N. B.T, 20 janvier 2004).



**Figure II-4 : Barrage Sidi Abdelli**  
(D.P.R.H, 15 octobre 2006).

**4.1 Historique de la réalisation du barrage :**

Les travaux de construction du barrage ont commencé en 1978 et se sont achevés à la fin de l'année 1988. Il est mis en service une année plus tard, soit en 1989 (**HAMZA CHERIF, 2002**).

**4.2 Caractéristiques générales du barrage :**

Les caractéristiques générales du barrage sont résumées dans le tableau II-1 :

**Tableau II-1 : Caractéristiques générales du barrage**

Volume régularisé	50 hm <sup>3</sup>
Capacité de la retenue initiale	110 hm <sup>3</sup>
Capacité de la retenue actuelle (Lève bathymétrique du 2005)	106 hm <sup>3</sup>
Taux d'envasement	600 000 m <sup>3</sup> /an
Altitude de la Crête	353 m
longueur	736 m
largeur	665 m
hauteur	60 m
Epaisseur maximale	340 m
Superficie initiale	864 ha
Capacité actuelle	106 ha
Superficie de la retenue	660 ha

**4.3 Ouvrage du barrage :**

L'aménagement du barrage Sidi Abdelli comprend principalement les ouvrages suivants :

♦ la digue en terre barrant l'Oued Isser : elle est fondée sur les formations grésomarneuses faiblement plissées et faillée de l'Helvétien. La crête se situe d'environ 60 mètres au dessous du lit de l'Oued. La galerie de dérivation sera équipée de repères topographiques et de dispositif d'occultations, des joints permettant d'évaluer les déformations de la galerie.

♦ l'évacuateur des crues, établie en rive droite comprend d'amont en aval:

- un chenal d'approche excavé dans les formations marnogréseuses,
- un seul déversant d'une longueur de 90 m environ,
- un coursier d'une longueur de 34500 m

◆ un ouvrage de dérivation, vidange et prise d'eau implantée en rive droite le long de l'Oued comprend d'amont en aval :

- ◆ une tour de prise surmontant une chambre de vannes de vidange.
- ◆ la tour est équipée de prises d'eau aux niveaux respectifs de 305, 320 et 335 m et surmontée d'une chambre de manœuvre des batardeaux.
- ◆ une galerie sous remblais de section ovoïde d'une hauteur inférieure de 10 mètres.
- ◆ L'écran d'étanchéité est constitué par injection de forages disposés en une ou plusieurs rangées écartés en principe de 4 m.

Le barrage est alimenté principalement par l'Oued Isser et d'autres affluents dont les plus importants sont : Oued Cedra et Oued Gherouane.

Le barrage de Sidi Abdelli n'a pas fait l'objet d'une étude topobathymétrique depuis la période de sa mise en service en 1989, jusqu'à 2001 dont l'étude a été faite par le laboratoire d'étude maritime d'ALGER (LEM) et continuée par LEM et par Geoid de Montpellier en 2003. Les principales caractéristiques de la retenue sont consignées dans le tableau suivant :

**Tableau II-2:** Principales caractéristiques de la retenue

	<b>Mise en eau 11/1988</b>	<b>2003</b>
Capacité en million de m <sup>3</sup>	110	106,61
Superficie en hectares	660	669,15

On remarque une différence de capacité de 4,61 mm<sup>3</sup>. Cette différence correspond à l'envasement de la retenue entre la période de sa mise en service (1989) et la réalisation de ce relevé durant l'année 2003, soit un envasement d'environ 3,8 % (**rapport GEOID), (BOUZID 2004)**).

### **5- Etude climatique :**

Le climat dans sa définition générale est un ensemble de conditions atmosphériques qui rendent le milieu de la surface terrestre plus au moins habitable **EMBERGER (1955), ESTIENNE et GODARD (1970)**.

**LENGER (1979)**, signale que la pluie avec la température constitue la charnière du climat, en agissant directement sur la végétation et même sur les communautés animales. Nous avons pris en considération pour l'étude climatique de la station d'étude les deux paramètres à savoir les précipitations et la température.

### **5.1- Les précipitations :**

La pluviométrie est un facteur primordial dans le conditionnement de la nature.

Le climat de la zone d'étude réside essentiellement dans la répartition irrégulière des précipitations dans l'espace et même dans le temps.

#### **a) Précipitation moyennes mensuelles et annuelles :**

Les données pluviométriques mensuelles et annuelles sont enregistrées dans le tableau suivant:

**Tableau II-3 : Moyenne mensuelle et annuelle des précipitations (mm) pour la période (1997-2007).**

mois année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
<b>1997</b>	116	0	0,8	62,3	13,8	0,6	2,2	27,7	67,4	22,9	71,4	55,7	440,8
<b>1998</b>	20,4	38,4	34,1	32,1	55,4	1,1	0	2,1	7,8	2,9	38,9	6,6	239,8
<b>1999</b>	66,5	72,8	83,9	0	1,3	1,3	0	0	18,3	28	76,3	69,4	417,8
<b>2000</b>	0	0,6	3,6	25,3	52,6	0	0	1,2	17,4	94,5	63,5	42,2	300,9
<b>2001</b>	130,3	99,9	4,2	5,1	11,8	0	0,8	0,5	31,7	37,4	119,4	35,4	476,5
<b>2002</b>	4,4	1,5	29,8	100,4	51,7	0,5	0	11,2	0,5	23,4	85,9	19,8	329,1
<b>2003</b>	107,5	97,4	29,7	25,2	10,1	2	0	14,6	8	19,6	38,5	80,7	433,3
<b>2004</b>	54,6	38,9	19,1	21,1	79,5	15,3	0,6	4,2	2,7	40,4	53,2	101,2	430,8
<b>2005</b>	29	38,9	28,5	11,9	0,5	0,7	0	0	18,5	29,9	40,3	25,2	223,4
<b>2006</b>	66,2	91,6	21,4	15,5	33,1	3,7	0	0,4	23,3	5,7	6,4	66,9	334,2
<b>2007</b>	20,5	67,9	69	85,2	4,4	0	6	0	7,6	85,1	28,6	13,4	387,7
<b>Moyenne</b>	55,94	49,8	29,46	34,91	28,56	2,29	0,87	5,62	18,47	35,43	56,58	46,95	364,88

(A.N.R.H de Tlemcen).

Il ressort de ce tableau que les pluies sont très variables d'un mois à un autre. En effet l'année 2001 a été l'année la plus arrosée avec une moyenne de 476.1 mm/an, mais nous remarquons que les précipitations pour l'année 2005 ont été de l'ordre de 223.4 mm en moyenne. Les tranches pluviométriques sont plus importantes du mois d'octobre jusqu'au mois de mai. La période sèche concerne les mois de juin à septembre avec une pluviométrie faible. Selon **KADIK (1987)**, les variations des précipitations d'une année à autre auraient un impact direct sur la végétation forestière et même sur les animaux.



**b) Régime saisonnier des précipitations :**

La répartition saisonnière des pluies dans la région de Sidi Abdelli est mentionnée dans le tableau suivant:

**Tableau II-4 :** Régime saisonnier des pluies dans la station de Sidi Abdelli

Station	Répartition saisonnière des pluies				Total annuel (mm)	Régime saisonnier
	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)		
Sidi Abdelli	153	93	9	105	360	H.A.P.E

D'après ce tableau, nous remarquerons que la pluviométrie est variable d'une saison à l'autre, mais elle est importante en hiver et en automne. Elle détermine un régime de type H.A.P.E. En effet, les pluies accusent leur maximum en hiver avec 153 mm et avec un degré moindre au printemps.

**5.2- Les températures :**

La température est considérée comme le facteur climatique le plus important. Elle influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers (GAUJOUS, 1995).

**a) Températures moyennes des minima du mois le plus froid (m °C) :**

Le tableau II-5 montre une variation dans les températures minimales.

**Tableau II-5 :** Les moyennes des minima du mois le plus froid (m °C)

Mois station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Sidi Abdelli	0.28	1.18	1.47	3.38	7.6	10.8	14.17	14.30	12.23	8.9	3.12	0.88	6.51

(A.N.R.H de Tlemcen).

Nous remarquons que le mois le plus froid est le mois de janvier, la valeur minimale moyenne thermique est de 0.28°C.

**b) Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud (M °C) :**

Le tableau II-6 montre une variation dans moyennes des maxima du mois le plus chaud.

**Tableau II-6 : Les moyennes de maxima du mois le plus chaud (M °C)**

Mois station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Sidi Abdelli	22.29	22.89	28.08	26.34	33.31	34.77	42.06	41.7	36.45	33.61	28.32	22.09	30.99

(A.N.R.H de Tlemcen).

D'après ce tableau, nous constatons que les valeurs élevées des maxima du mois le plus chaud sont enregistrées en été pendant le mois de juillet (42.06 °C).

**c) Température moyenne :**

Les températures moyennes mensuelles et la moyenne annuelle de la station de Sidi Abdelli sont consignées dans le tableau suivant.

**d) Amplitude thermique ou indice de continentalité**

L'amplitude thermique (M-m) est un indice qui permet de définir si la zone est sous l'influence maritime ou continentale. Elle est basée sur la classification thermique de **(DEBRACH, 1953)** suivante :

- climat insulaire :  $M-m < 15$  °C,
- climat littoral :  $15 < M-m < 25$  °C,
- climat semi continental :  $25 < M-m < 35$  °C,
- climat continental :  $M-m > 35$  °C.

A partir de cette classification, le tableau montre que la valeur de l'amplitude thermique est de 41.78 ce qui classe la station, en climat continental.

Tableau II-7 : Amplitude thermique

Station	M-m	Type de climat
Sidi Abdelli (1997-2007)	41.78	continental

### 5.3- Synthèse bioclimatique :

Pour réaliser la Synthèse bioclimatique, nous avons retenu le diagramme de **Bagnoul et Gausсен (1953)** et l'indice d'**Emberger (1952)**.

#### a) Diagramme Ombrothermique de Bagnoul et Gausсен (1953)

Le diagramme Ombrothermique établi par **BAGNOUL et GAUSSEN (1953)**, permet de dégager deux périodes l'une sèche et l'autre humide.

Un mois est considéré sec lorsque la courbe des températures ( $T^{\circ}\text{C}$ ) est supérieure à celle des précipitations ( $2T > P$ ). La partie du graphe comprise entre les courbes traduit à la fois la durée et l'intensité de la sécheresse (Fig.II-5).

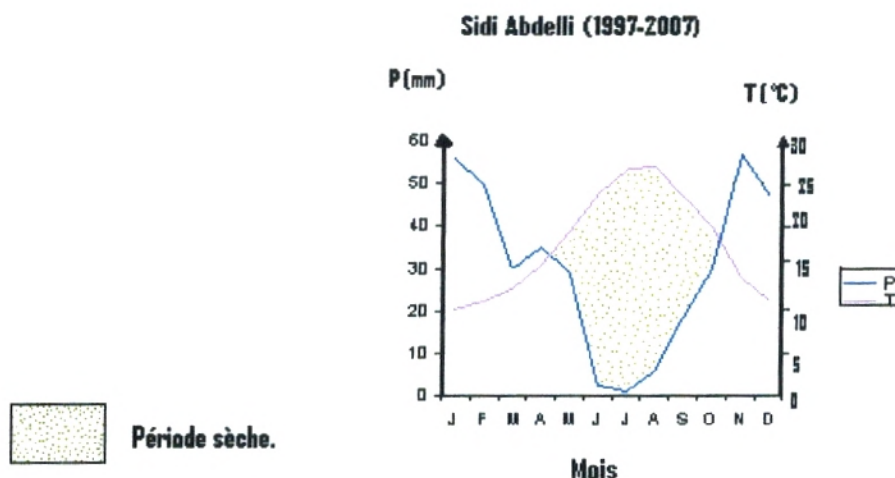


Figure II-5 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOUL et GAUSSEN de la station de Sidi Abdelli

Le diagramme ombrothermique de la figure (II-5) constitue en fait une présentation synthétique des données pluviométriques et thermiques. Il révèle la présence d'une période sèche qui s'étend sur 6 mois allant d'avril à octobre.

**b) Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger (1955)**

Le quotient pluviométrique utilisé pour la région méditerranéenne et établi par **EMBERGER (1955)**, est défini par l'expression suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{M + m}{2}} = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K).

m : Moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

T°K = T (°C) + 273.2

**EMBERGER (1955)**, a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide. L'ambiance bioclimatique est repérée sur un axe orthogonaux où chaque station se trouve représenter par un point dont l'abscisse et la valeur de (m), et l'ordonnée, la valeur du quotient pluviométrique ( $Q_2$ ).

Pour notre cas, nous constatons que la station de Sidi Abdelli, se localise dans l'étage semi aride à hiver frais.

**Tableau II-8:** Quotient d'Emberger et ambiance bioclimatique

station	$Q_2$	m (°C)	Ambiance bioclimatique
Sidi Abdelli (1997-2007)	40.70	0.28	Semi Aride à hiver frais

Selon la valeur du quotient obtenue, nous pouvons caractériser l'ambiance bioclimatique de notre station après avoir localisé sur le climagramme d'Emberger.

Le tableau consigne la valeur de  $Q_2$ , m et l'ambiance climatique, tandis que la figure illustre la localisation de la station dans le climagramme d'Emberger (Fig.II.6).

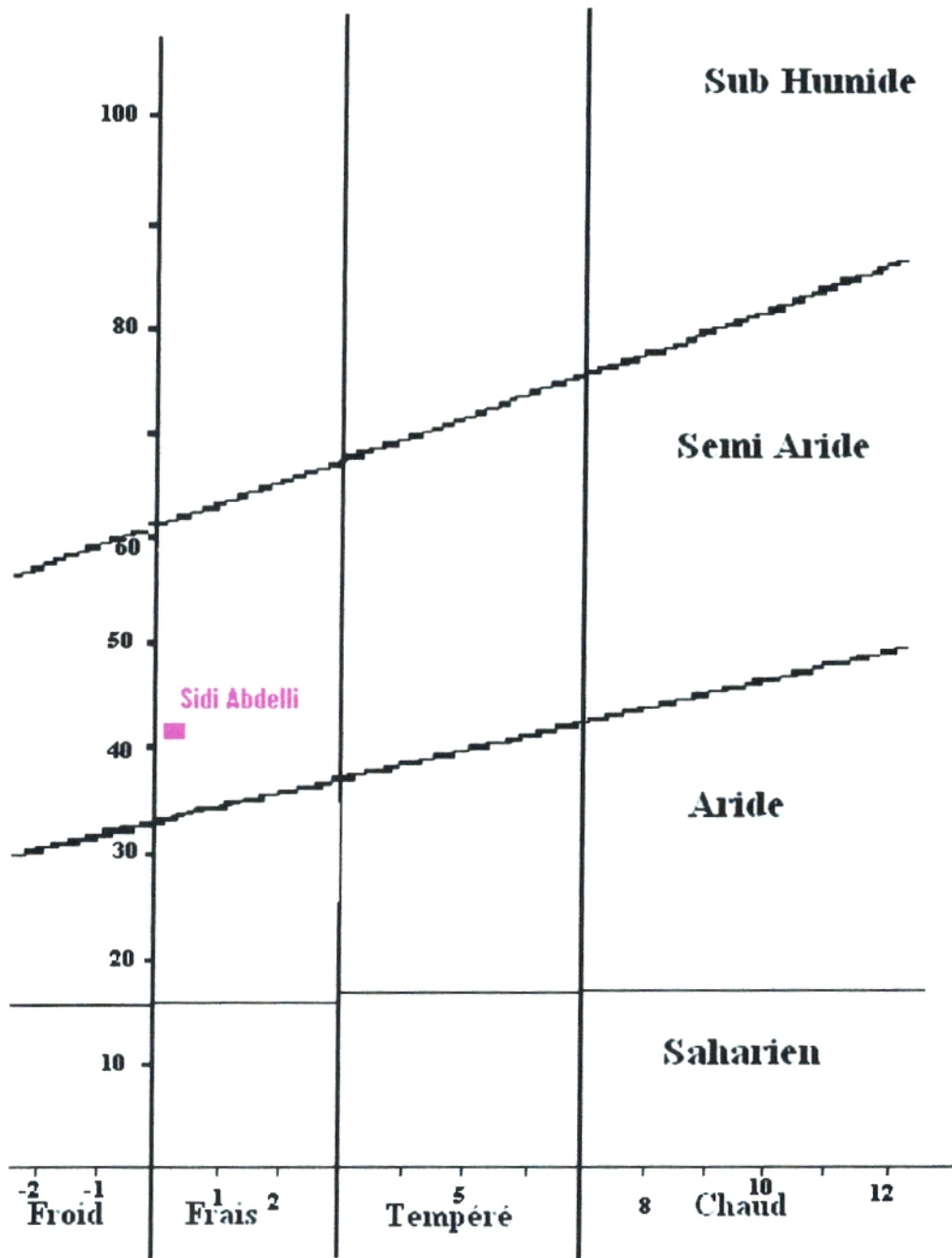


Figure II-6 : Localisation de la station de Sidi Abdelli sur le climagramme pluviométrique d'EMBERGER (1955).

## **1- Echantillonnage :**

### **1.1- Choix du site :**

Le choix du site a été établi selon les critères définis à savoir :

- l'accès facile par piste,
- un volume d'eau parfait pour l'élevage des poissons (source de l'eau provienne de la pluviométrie), qui est de l'ordre de  $106 \text{ Hm}^3$  avec une profondeur moyenne de 45 m qui permet l'élevage de la carpe.

### **1.2- Choix du matériel biologique :**

Ce choix est justifié par son abondance dans notre zone d'étude. Son importance commerciale et sa disponibilité font de la carpe commune un aliment de choix pour de nombreuses populations. Cette espèce est indicatrice de pollution. Elle est présente tout le long de l'année dans le site où elle se développe et elle présente une taille suffisante pour offrir une quantité adéquate de tissus pour les analyses.

### **1.3- Choix des contaminants :**

Les métaux ont été choisis selon leur probable présence sur le site et selon la disponibilité des lampes du spectrophotomètre. Sur une dizaine de métaux analysés, six ont été retenus pour cette étude à savoir le cadmium, le zinc, le plomb, le fer, le cuivre et le nickel.

### **1.4- Méthode de prélèvement :**

Les prélèvements d'échantillons ont été effectués au niveau de notre station d'étude durant la période allant de mars 2008 à février 2009.

L'échantillonnage a été réalisé chaque mois par la pêche en utilisant une barque motorisée (Fig.III-1) mise à notre disposition par l'administration du barrage et en utilisant aussi un filet à tri maille (Fig.III-2). Les individus pêchés ont été conservés dans une glacière puis acheminés au laboratoire.



Figure III- 1 : Barque motorisée



Figure III- 2 : Filet tri mailles

## 2- Travail au laboratoire :

### 2.1- Mensuration et pesées :

Nous avons pêché 79 individus de la carpe commune au total. Nous avons pesé chaque individu puis nous avons mesuré la longueur totale (L) et la largeur (l) (Fig.III-3).

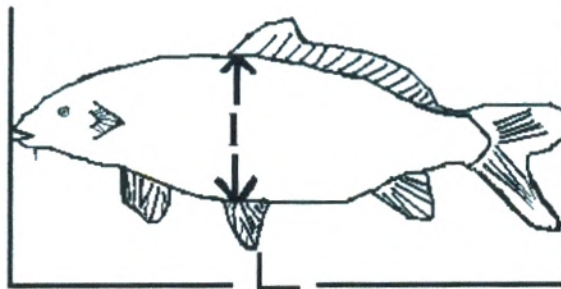


Figure III-3 : Mensuration d'un poisson

L = longueur totale.

l = largeur du corps.

P1= poids en g de l'individu

P 2= poids en g des gonades

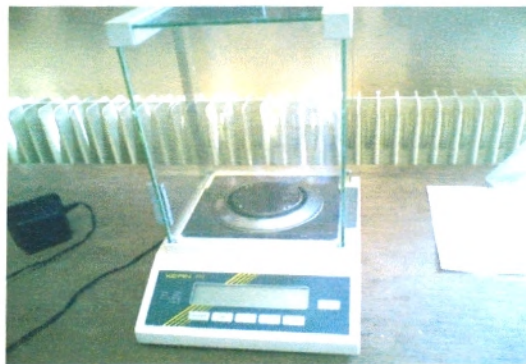
Après mensuration nous avons déterminé l'âge du poisson par la taille et le poids des individus (adulte  $P1 > 200$  g,  $L > 17$  cm).



**Figure III- 4 : Boite à dissection**



**Figure III-5: Balance**



**Figure III-6 : Balance de précision**

## **2.2- Dissection :**

Après la dissection (Fig.III-4) de chaque poisson, nous avons récupéré trois parties : les branchies, les gonades et le filet séparément (Fig.III-7-10). Ces derniers ont été conservés dans des boites de pétris fermées et étiquetées à basse température jusqu'à la minéralisation.

La détermination du sexe (mâles, femelles) se fait après la dissection.

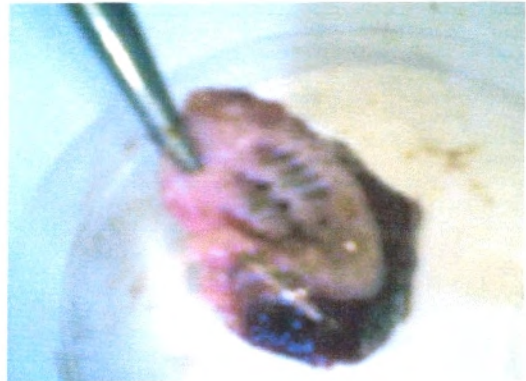




**Figure III- 7** : Gonades de la femelle



**Figure III-8** : Gonades du mâle



**Figure III-9** : Branchies



**Figure III-10** : Muscle du poisson

### 2.3- Minéralisation :

La minéralisation a pour but la destruction de la matière organique et la libération des métaux par calcination et par attaque acide (Fig.III-16)

Dans cette étude, la minéralisation a été effectuée selon la méthode de **MALAIYANDI et BARETTE (1970)**, (Fig.III-15). Un gramme de chaque organe a été placé dans un ballon contenant un volume d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) concentré (1N). Le ballon a été mis sous une température de  $95^\circ\text{C}$  pendant 1h 30 min (Fig.III-11).

Une fois la minéralisation terminée, le contenu du ballon refroidi a été filtré en utilisant un papier filtre de  $0,45\ \mu\text{m}$  de porosité et un swinex (Fig.III-12). Le filtrat a été ajusté à 20 ml par l'eau bidistillée (Fig.III-13), ensuite conservé dans des godets (Fig.III-14) au réfrigérateur jusqu'à l'analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme (Fig.III-17).



**Figure III-11 : Minéralisation**



**Figure III-12 : Filtration**



**Figure III-13 : Solution ajustée**



**Figure III-14 : Conservation dans des godets**

### CHAPITRE III : Matériel et Méthodes

---

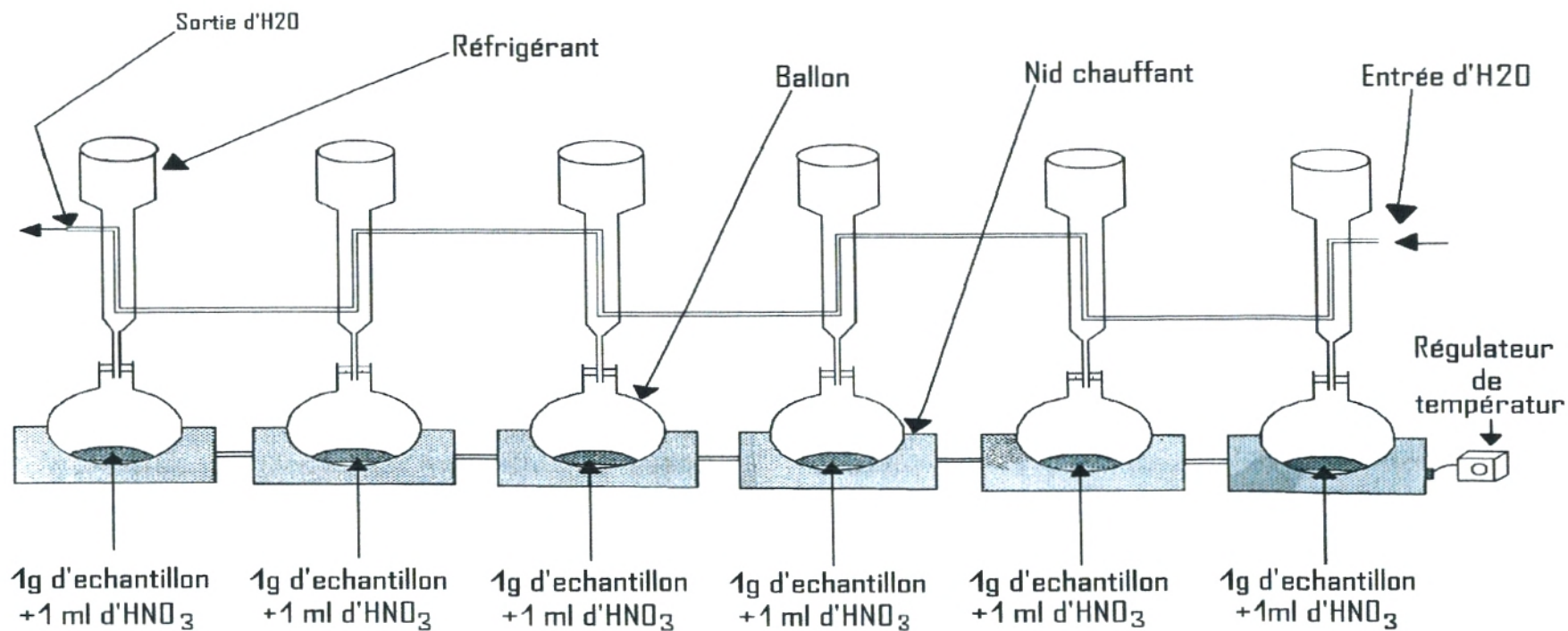
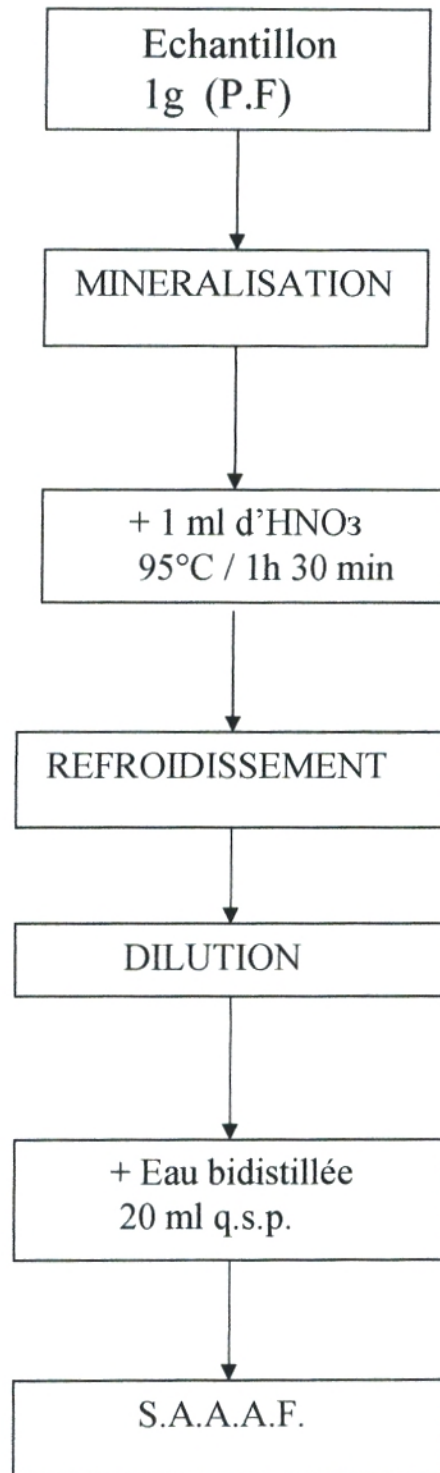


Figure III-15 : Représentation schématique du dispositif de minéralisation (MALAIYANDI et BARETTE, 1970).



**Figure III-16** : Le protocole de minéralisation et le dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme

## 2.4- L'analyse des échantillons par spectrophotométrie d'absorption atomique :

### 2.4.1- Principe :

C'est une méthode d'analyse élémentaire qui s'applique à l'analyse des métaux lourds, à l'état trace.

La spectrométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux. Elle est basée sur l'absorption des atomes des radiations de longueur d'onde déterminée. Lors du retour à l'état fondamental de l'atome, il y a alors atomisation des éléments. Les pertes par absorption et par atomisation partielle sont importantes et conduisent à l'abandon actuel de cette méthode pour l'évaluation des éléments traces (BOISSET, 1996).

### 2.4.2- Dosage :

Le dosage des métaux a été réalisé par spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF) de type RAYLEIGH WFX-130 (Fig.III-17). Cette analyse a été effectuée au niveau de laboratoire de valorisation des actions de l'homme et application en santé publique de l'université de Tlemcen.



Figure III-17 : Spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA)

L'intérêt de cette méthode réside dans les propriétés suivantes :

- multiplicité des dosages,
- grande spécificité,
- précision et sensibilité des déterminations (PNUE / AIEA, 1985).

#### 2.4.3- Calcul des concentrations :

La concentration du métal dans l'échantillon est calculée selon la formule suivante:

$$C = \frac{C_1 \times V}{P \times 1000}$$

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

C<sub>1</sub> = Concentration de la solution d'échantillon en mg/l.

V = Volume final de la solution de minéralisation en ml.

P = Masse d'échantillon attaqué (g).

### 3- Reproduction :

La stratégie de reproduction d'une espèce de poisson dans un environnement donné recouvre un ensemble de traits biologiques comme l'âge à la première reproduction, la relation entre la taille (ou âge) et la fécondité, le comportement parental, la saison de reproduction, la taille des gamètes, etc (PAUGY et LEVEQUE, 1999). Un individu peut également développer des tactiques qui sont en réalité des variations par rapport au schéma de reproduction typique, en réponse à des modifications des facteurs de l'environnement. Il s'agit alors d'un comportement adaptatif à des conditions écologiques particulières qui ont pour résultats d'assurer la survie de l'espèce (LEVEQUE, 1999). C'est le cas en particulier, lorsque le cours des rivières subit des aménagements par l'homme. En effet, lorsqu'un cours d'eau est barré pour créer une retenue, on provoque de nombreuses modifications de l'habitat et des peuplements des poissons (JACKSON et al., 1988) par suite de la fragmentation de l'écosystème initial.

### 3.1- le Rapport Gonado-Somatique R.G.S :

Les variations du poids des gonades sont presque toujours estimées par rapport à des paramètres tels que le poids corporel du poisson ; le Rapport Gonado Somatique (R.G.S) est le rapport entre le poids frais des gonades et le poids du corps.

$$\text{RGS} = \text{Poids des gonades} * 100 / \text{Poids du corps} \text{ (BOUGIS, 1952)}$$

### 3.2- Sex-ratio :

C'est un terme qui s'exprime sous différentes formes :

- nombre de mâles pour 100 femelles,
- rapport du nombre de mâles au nombre de femelles,
- pourcentage de mâles ou taux de masculinité,
- pourcentage de femelles ou taux de féminité.

Parmi les expressions nous avons choisis d'utiliser le pourcentage des femelles ou le taux de féminité.

$$\text{Taux de féminité} = [F / (F+M)] * 100 \text{ (KARTAS et QUIGNARD, 1984)}$$

F : nombre de femelles.

M : nombre de mâles.

## 4- L'analyse statistique :

### 4.1- Test de Student :

Dans ce travail, nous avons utilisé pour l'analyse statistique de nos résultats le Test de **Student**, pratiqué à l'aide du logiciel « **R., version 2.8.0** ».

Le test de **Student** est un test paramétrique qui compare la moyenne observée d'un échantillon statistique à une valeur fixée, ou encore la probabilité observée d'un caractère à une probabilité théorique.

Sachant que le nombre de nos échantillons est ( $n < 30$ ).

- Hypothèse testée :  $H_0 = "m = m_0"$  avec un risque d'erreur  $\alpha$ .

$$t = \frac{|\bar{x} - m_0|}{s} \times \sqrt{n}.$$

si  $t < t_a$ , on accepte l'hypothèse, si  $t > t_a$ , on la rejette.

La P-valeur est probabilité de rejeter à tort ( $H_0$ ) quand  $t$  est remplacé par la valeur observée sur l'échantillon.

1. Si  $\alpha > P$ -valeur, rejet de ( $H_0$ ).
2. Si  $\alpha < P$ -valeur, acceptation de ( $H_0$ ).

#### 4.2- Analyse des variances (ANOVA) :

Cette méthode s'applique indifféremment aux grands et aux petits échantillons. Elle présente l'avantage de vérifier en un seul test si les différences observées au niveau des moyennes d'un ensemble d'échantillon sont imputables aux fluctuations d'échantillonnage ou non. Le test ANOVA permet aussi de préciser les sources de variation donc de savoir, dans une étude à plusieurs variables, laquelle de ces variables influe le plus sur les moyennes finales. Dans notre cas, il s'agit d'étudier l'influence des variables comme l'âge, le sexe et la saison sur la teneur moyenne en métaux. Pour le faire on a eu recours au test ANOVA 1 (à un seul facteur) pratiqué à l'aide du logiciel «MINITAB, version 15».

Cette analyse consiste à tester l'hypothèse nulle  $H_0$

$$H_0 = M_1 = M_2 = M_3 = \dots M_n$$

Cela se fait par le calcul de  $p$  (probabilité de rejet de  $H_0$ )

La lecture du tableau des résultats de l'analyse de la variance permet de vérifier la valeur de  $F$  et sa probabilité " $p$ ": Si la valeur du  $F$  de Fisher présente un seuil de probabilité inférieur à 5 % ( $p < 0.05$ ), l'hypothèse nulle est rejetée, donc la différence entre les moyennes est hautement significative.

#### 4.3- Analyse des composantes principales (ACP) :

Nous avons aussi effectué une analyse en composantes principales (ACP) qui est une technique qui permet de faire la synthèse des informations contenues dans un grand nombre de variables. Les composantes principales autorisent en outre la représentation graphique de grands tableaux de données trop complexes à décrire par les méthodes graphiques habituelles. C'est incontestablement cette propriété qui est à l'origine de sa large utilisation (FALISSARD, 1998).



L'ACP cherche un indice qui permet de voir au mieux les individus, c'est-à-dire celui pour lequel la variance des individus est maximale : c'est le premier axe principal. La deuxième composante recherchée doit avoir une corrélation linéaire nulle avec la première et avoir à son tour la plus grande variance.



# Chapitre IV

## **Résultats et Discussions**

## 1- Comparaison des concentrations métalliques dans les différents individus péchés :

Nous avons résumé sur le tableau (IV-1) les nombres d'individus péchés au cours de la période d'étude ainsi que les totaux mensuels et annuels.

**Tableau IV-1:** Nombres d'individus péchés au cours de la période d'étude

Mois Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Total annuel
FA	5	2	2	1	1	1	3	3	1	1	0	0	20
FJ	2	0	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	11
MA	1	5	3	5	3	3	2	2	4	0	0	0	28
MJ	1	1	3	1	4	0	1	5	2	2	0	0	20
<b>Total mensuel</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>79</b>

FA : Femelle adulte, FJ : Femelle juvénile, MA : Mâle adulte, MJ : Mâle juvénile.

Chaque mois, nous avons péché un nombre d'individus différent (Tableau IV-1). Dix est le maximum d'individus péchés pendant les mois de juillet et octobre. Trois est le minimum péché pendant le mois de décembre. Le manque d'individus durant les mois de janvier et février est du principalement d'une part aux conditions climatiques défavorables et d'autre part à l'augmentation du volume d'eau qui est passé de 1,60 Hm<sup>3</sup> à 35 Hm<sup>3</sup>.

Nous avons déterminé les concentrations métalliques dans les différents organes des différents individus par spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A).

### 1-1 Concentrations métalliques dans les gonades au cours de la période d'étude:

Le tableau (IV-2-a) montre les résultats des concentrations en zinc contenues dans les gonades des différents individus péchés au cours de la période d'étude. Pour un allègement, nous avons placé les tableaux (IV-2-b-f) des autres métaux (Pb, Cu, Fe, Ni et Cd) en annexe A1.

Tableau IV-2-a: Concentrations en zinc (mg/kg) dans les gonades des individus pêchés

Zn	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	8,72	60,62	83,05	49,64	102,52	51,70	98,50	45,61	28,85	80,56
	E <sub>2</sub>	12,27	86,63	84,07	-	-	-	118,36	11,44	-	-
	E <sub>3</sub>	63,18	-	-	-	-	-	140,72	56,40	-	-
	E <sub>4</sub>	27,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	59,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	95,50	-	44,44	80,47	15,61	54,05	11,93	-	-	-
	E <sub>7</sub>	92,78	-	-	102,61	42,95	42,16	91,65	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	91,38	13,75	8,29	10,25	68,10	61,31	46,27	119,55	46,98	-
	E <sub>9</sub>	-	31,33	60,18	96,45	92,99	68,02	174,96	141,45	58,01	-
	E <sub>10</sub>	-	13,28	74,18	41,09	121,54	57,66	-	-	36,40	-
	E <sub>11</sub>	-	86,34	-	96,43	-	-	-	-	36,81	-
	E <sub>12</sub>	-	83,20	-	42,58	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	77,21	90,67	108,65	101,22	82,41	-	153,73	146,14	170,48	32,22
	E <sub>14</sub>	-	-	78,46	-	62,74	-	-	47,48	87,88	11,99
	E <sub>15</sub>	-	-	126,21	-	89,09	-	-	60,83	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	71,74	-	-	67,06	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	75,10	-	-

D'après le tableau IV-2-a, nous remarquons que la valeur la plus élevée du zinc est de 140.72 mg/kg enregistrée dans les gonades des femelles adultes (E<sub>3</sub>) pendant le mois de septembre et la valeur la plus faible est de 8.72 mg/kg trouvé chez l'individu (E<sub>1</sub>) pendant le mois de mars. Chez les individus femelles juvéniles la concentration la plus faible enregistrée en mois de septembre est de 11.93 mg/kg, la plus importante est en mois de juin de 102.61 mg/kg. Dans les gonades des individus mâles adultes, la concentration est minimale pendant le mois de mai avec une valeur de 8,29 mg/kg et maximale durant le mois de septembre égale à 141.45 mg/kg. Chez les individus mâles juvéniles la concentration minimale enregistrée en mois de décembre (11.99 mg/kg), la plus importante en mois de novembre est de 170.48 mg/kg.

### 1-2- Concentrations métalliques dans les branchies :

Le tableau (IV-3-a) montre les résultats des concentrations du zinc contenues dans les branchies des individus pêchés au cours de la période d'étude. Nous avons placé les tableaux (IV-3-b-f) en annexe A2.

Tableau IV-3-a : Concentrations en zinc (mg/kg) dans les branchies des individus pêchés

Zn	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	72,27	89,12	142,39	107,52	123,75	<b>41,01</b>	115,94	121,48	106,26	58,90
	E <sub>2</sub>	98,04	<b>142,74</b>	92,06	-	-	-	119,64	115,54	-	-
	E <sub>3</sub>	126,05	-	-	-	-	-	114,82	74,04	-	-
	E <sub>4</sub>	82,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	97,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	140,32	-	127,25	<b>140,95</b>	100,16	81,05	<b>8,63</b>	-	-	-
	E <sub>7</sub>	105,12	-	-	118,03	123,78	133,81	91,77	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	<b>135,50</b>	123,66	13,07	66,66	86,22	109,92	113,85	110,44	107,42	-
	E <sub>9</sub>	-	82,52	124,06	128,34	101,66	82,03	116,60	104,03	76,22	-
	E <sub>10</sub>	-	114,56	118,86	121,13	82,47	101,38	-	-	91,66	-
	E <sub>11</sub>	-	73,42	-	126,36	-	-	-	-	<b>55,59</b>	-
	E <sub>12</sub>	-	105,80	-	95,29	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	<b>146,06</b>	72,20	128,02	137,14	87,39	-	99,29	99,66	84,00	111,66
	E <sub>14</sub>	-	-	110,87	-	74,30	-	-	96,39	86,38	104,01
	E <sub>15</sub>	-	-	122,70	-	<b>63,87</b>	-	-	84,37	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	110,80	-	-	97,54	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	107,23	-	-

D'après le tableau IV-3-a nous remarquons que l'accumulation du zinc dans les branchies des individus femelles adultes est faible pendant le mois d'août avec une valeur de 41.01 mg/kg, elle est forte pendant le mois d'avril atteignant 142.74 mg/kg. Chez les individus femelles juvéniles la concentration du zinc est minimale durant le mois de septembre avec une valeur de 8.63 mg/kg est maximale en mois de juin atteignant 140.95 mg/kg. Les concentrations obtenues chez les mâles adultes sont moins importantes durant le mois de novembre 55.59 mg/kg et elle est minimale pendant le mois de mars 135.50 mg/kg. Chez les individus mâles juvéniles la concentration est minimale pendant le mois de juillet est de 63.87 mg/kg et la concentration maximale est de 146.06 mg/kg observée pendant le mois de mars.

Le zinc est un oligo-élément et toxique à partir d'un certain seuil. Toutefois, le zinc est environ cinq fois moins toxique que le cuivre et l'absorption de zinc dans des branchies semblent être une fonction normale (DEMIRAK et al., 2000).

### 1-3- Concentrations métalliques dans le filet :

Le tableau (IV-4-a) montre les résultats des concentrations du zinc contenues dans le filet des individus pêchés au cours de la période d'étude. Nous avons choisi de placer les tableaux (IV-4-b-f) en annexe A3.

**Tableau IV-4-a:** Concentrations en zinc (mg/kg) dans le filet des individus pêchés

Zn	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>FA</b>	<b>E<sub>1</sub></b>	<b>8,74</b>	67,79	109,56	12,68	11,56	<b>119,59</b>	24,51	29,02	24,77	10,21
	<b>E<sub>2</sub></b>	11,66	108,45	76,90	-	-	-	28,27	12,33	-	-
	<b>E<sub>3</sub></b>	26,22	-	-	-	-	-	14,40	36,78	-	-
	<b>E<sub>4</sub></b>	99,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>E<sub>5</sub></b>	119,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>FJ</b>	<b>E<sub>6</sub></b>	32,65	-	<b>71,22</b>	16,41	18,86	<b>16,12</b>	25,00	-	-	-
	<b>E<sub>7</sub></b>	68,05	-	-	26,16	20,06	54,70	25,63	-	-	-
<b>MA</b>	<b>E<sub>8</sub></b>	<b>167,35</b>	85,90	144,56	25,17	8,79	27,48	19,99	13,65	16,04	-
	<b>E<sub>9</sub></b>	-	62,22	55,91	44,90	15,92	17,49	20,22	19,39	15,76	-
	<b>E<sub>10</sub></b>	-	78,23	19,20	21,02	<b>9,40</b>	21,39	-	-	16,69	-
	<b>E<sub>11</sub></b>	-	27,28	-	24,92	-	-	-	-	16,33	-
	<b>E<sub>12</sub></b>	-	33,76	-	12,98	-	-	-	-	-	-
<b>MJ</b>	<b>E<sub>13</sub></b>	58,84	50,80	40,80	19,43	14,82	-	12,37	18,14	18,20	<b>10,87</b>
	<b>E<sub>14</sub></b>	-	-	64,17	-	11,20	-	-	11,51	17,10	19,44
	<b>E<sub>15</sub></b>	-	-	<b>125,82</b>	-	10,93	-	-	16,01	-	-
	<b>E<sub>16</sub></b>	-	-	-	-	16,95	-	-	15,31	-	-
	<b>E<sub>17</sub></b>	-	-	-	-	-	-	-	19,36	-	-

D'après le tableau IV-4-a, nous remarquons que les concentrations du zinc enregistrées dans le filet chez les individus femelles adultes atteignent un maximum de 119.59 mg/kg pendant le mois d'août et un minimum de 8.74 mg/kg pendant le mois de mars. Dans le filet des individus femelles juvéniles l'accumulation est moins importante durant le mois d'août avec une valeur de 16.12 mg/kg, et elle est maximale pour le mois de mai avec une valeur de 71.22 mg/kg. Chez les individus mâles adultes la concentration est minimale pendant le mois de juillet avec une valeur de 9.40 mg/kg et maximale pendant le mois de mars avec une valeur de 167.35 mg/kg. Chez les mâles juvéniles les teneurs varient de 10.87 à 125.82 mg/kg respectivement durant le mois de décembre et le mois de mai.

## 2 - Variations temporelles des teneurs métalliques moyennes de la carpe dans les trois organes étudiés :

La figure IV-1 montre les résultats des variations temporelles des teneurs métalliques moyennes de la carpe dans les trois organes étudiés (gonades, branchies et filet).

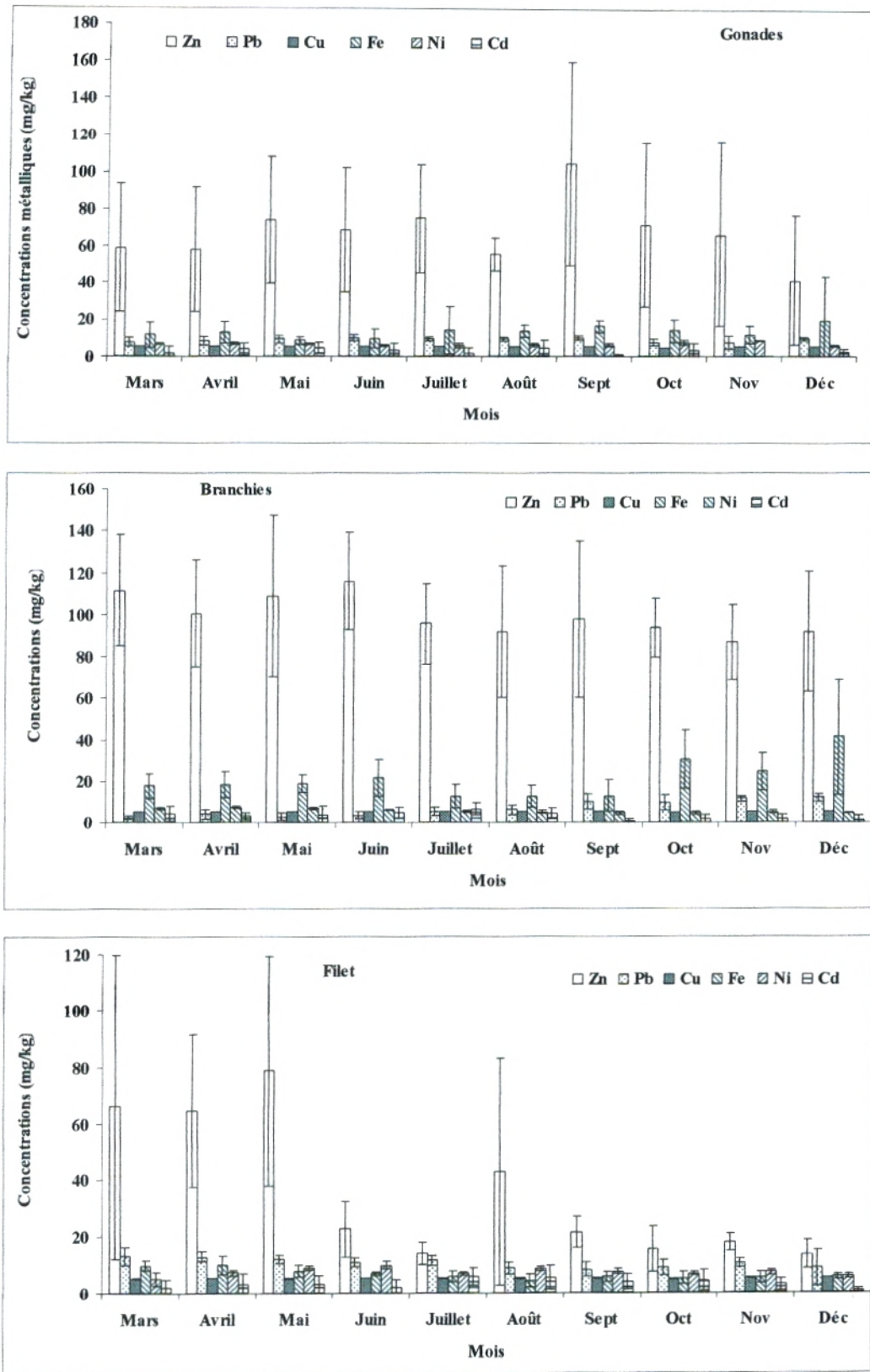


Figure IV-1 : Variations temporelles des teneurs métalliques moyennes des différents individus dans les trois organes (gonades, branchies et filets)

Selon les résultats obtenus, l'accumulation du zinc est la plus importante dans les gonades augmente à partir du mois de mars ( $58,64 \pm 34,62$  mg/kg) passe par un maximum pendant le mois de septembre ( $104,52 \pm 54,84$  mg/kg) et diminue atteindre un minimum en décembre ( $41,59 \pm 35,23$  mg/kg). Les concentrations du plomb varient de  $6,60 \pm 2,36$  mg/kg pendant le mois de mars atteignant un maximum de  $7,83 \pm 1,84$  mg/kg pendant le mois de juillet ensuite diminue légèrement pendant les autres mois. Le plomb provoque une insuffisance rénale et des lésions hépatiques (**DEMIRAK et al., 2000**).

Les concentrations du cuivre fluctuent autour  $5.17 \pm 0,06$  mg/kg. Les poissons absorbent aisément le cuivre dissous qui peut ainsi poser de nombreux problèmes de toxicité à partir d'un certain seuil. Une concentration en sulfate de cuivre ( $\geq 0.8$  mg/l) dans l'eau peut entraîner une toxicité chronique pour de nombreuses espèces de poissons (**GUILLAUME et al., 2001**). Le fer est un élément indispensable au déroulement des processus biologiques. Nous constatons qu'il a une faible accumulation. Il varie légèrement pour atteindre un maximum de  $15.65 \pm 24,56$  mg/kg en septembre. L'accumulation du nickel est importante varie de  $1.69 \pm 0,41$  mg/kg pendant le mois de mars à  $4.28 \pm 0,47$  mg/kg en mai. Les concentrations obtenues pour le cadmium sont moins importantes en décembre et varie de  $2.87$  mg/kg à  $6,78 \pm 3,18$  mg/kg durant le mois de mai.

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 éventuellement dans le transfert vers les compartiments internes par le sang (**BARHOUMI et al., 2008**). Les concentrations relativement élevées de métaux lourds dans les branchies ont également été trouvés chez *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* et *Chondrostoma regium* dans Seyhan en Turquie (**CANLI et KALAY, 1998**), chez *Cyprinus carpio* au barrage Karakaya (**KUCUKBAY et ÖRUN, 2003**), chez *Capoeta Capoeta umbla* dans le lac du barrage Keban (**CANPOLAT et ÇALTA, 2003**), ainsi que chez *Liza abu* et *trioestegus Silurus* dans le lac Atatürk (**KARADEDE et al., 2004**).

L'évolution temporelle des différents métaux dans les branchies sont marquées par une variabilités des teneurs durant la période d'étude qui diffère selon les mois.

Dans l'ensemble, les teneurs du zinc et du cadmium observés pendant le mois de mars sont les plus élevées ( $124.91 \pm 26,44$  mg/kg,  $6.82 \pm 2,52$  mg/kg) respectivement. Les concentrations minimales sont de  $41,68 \pm 17,90$  mg/kg et  $2.12 \pm 0,94$  mg/kg en décembre,



Pour le cuivre les teneurs moyennes fluctuent autour de  $5,24 \pm 0,06$  mg/kg. Les teneurs en plomb varient de  $2,40 \pm 0,94$  mg/kg en mars à  $8,24 \pm 2,52$  mg/kg en septembre. Les concentrations moyennes du fer relevées varient de  $24,58 \pm 10,91$  mg/kg en juin à  $10,01 \pm 5,69$  mg/kg en mois d'août. Le nickel et varie de  $0,22 \pm 0,38$  mg/kg en décembre et  $5,15 \pm 0,69$  mg/kg en juillet.

Fe, Cu, Ni et Zn sont indispensables, avec beaucoup des concentrations plus élevées dans les organes métabolique que dans les tissus musculaires, probablement en raison à leur fonction de cofacteur de l'activation d'un certain nombre d'enzymes (SURES et al., 1999).

Le fer est essentiel pour la synthèse de l'hémoglobine et impliqués dans de nombreuses réactions enzymatiques liée à d'oxydo-réduction. Comme le fer, le Cu est impliqué dans le transport d'électrons. Le rôle principal du Zn est comme un cofacteur dans de nombreux systèmes enzymatiques impliqués dans l'utilisation de presque tous les nutriments (GUILLAUME et al., 2001).

Dans le filet les teneurs les plus faibles en Zn, Pb, et Ni sont observées pendant le mois de décembre, respectivement  $6,34 \pm 5,15$  mg/kg,  $2,87 \pm 6,35$  mg/kg et  $2,82 \pm 0,68$  mg/kg et le maximum est enregistré en mois de mars avec respectivement  $82,4 \pm 53,86$  mg/kg,  $9,02 \pm 3,13$  mg/kg,  $9,49 \pm 1,43$  mg/kg. Les teneurs en Cu varient autour de  $5,30 \pm 1,75$  mg/kg. Les concentrations moyennes du fer relevées varient de  $9,77 \pm 1,78$  mg/kg en mars à  $2,86 \pm 2,37$  mg/kg en mois d'août. Le maximum relevé pour le cadmium est de  $4,1 \pm 4,14$  mg/kg en juillet et le minimum est de  $0,25 \pm 0,81$  mg/kg en décembre.

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) montre que la bioaccumulation en fonction de temps est hautement significative pour le cuivre ( $p < 0,00$ ) dans les gonades au cours de la période d'étude et n'est pas significative pour les autres métaux ( $P > 0,05$ ).

### **3- Variations des teneurs métalliques moyennes par individu dans les différents organes étudiés :**

La figure IV-2 montre les résultats des variations des teneurs métalliques moyennes par individu dans respectivement les gonades, les branchies et le filet.

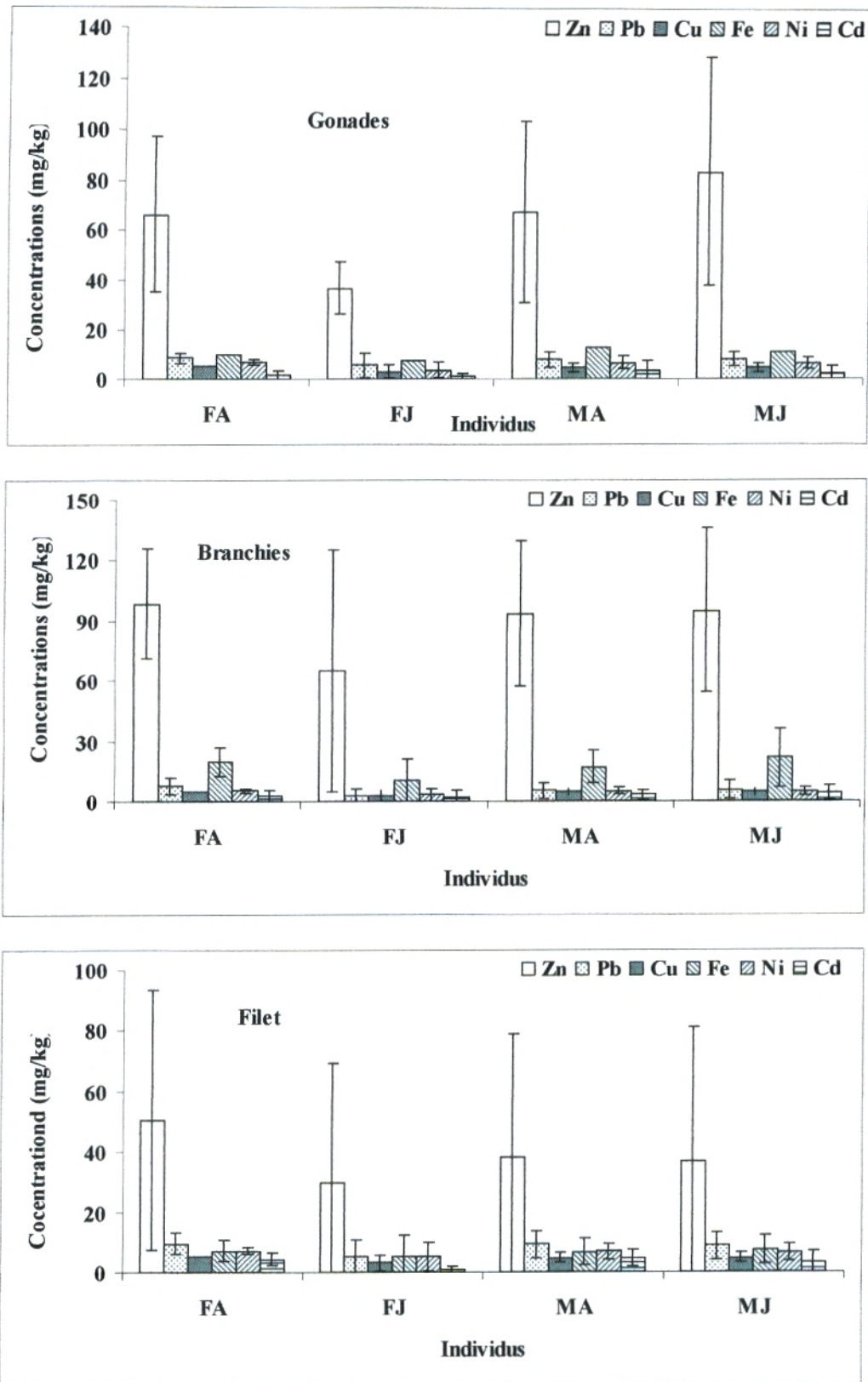


Figure IV-2 : Variations des teneurs métalliques moyennes par individu dans les trois organes étudiés (gonades, branchies et filets)

D'après la figure (IV-2), nous remarquons que les variations des teneurs métalliques moyennes par individu dans les trois organes étudiés (gonades, branchies et filets) sont variables. La concentration du zinc est la plus importante dans tous les cas. Elle est maximale dans les branchies des femelles adultes ( $102.10 \pm 27.24$  mg/kg). Le gradient d'accumulation dans les branchies et les gonades est le même et se présente comme suit :  $Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd$ .

Par contre dans le filet, il est :  $Zn > Pb > Fe > Ni > Cu > Cd$ .

Le gradient d'accumulation par organe est comme suit : Branchies > gonades > filet.

Les taux d'accumulations métalliques enregistrées dans les trois organes chez les individus femelles juvéniles sont généralement les plus faibles comparés à ceux chez les individus femelles adultes, les mâles adultes et les mâles juvéniles.

Gonades : MJ > MA > FA > FJ

Branchies : FA > MJ > MA > FJ

Filets : FA > MA > MJ > FJ

Les concentrations du plomb, du nickel et du cadmium dans le filet sont maximales chez les individus mâles adultes avec des valeurs respectivement de  $7.85 \pm 1.95$  mg/kg,  $7,65 \pm 1.03$  mg/kg,  $3,48 \pm 2,34$  mg/kg. Chez les mâles juvéniles, la moyenne des teneurs en fer est maximale. Elle est observé dans les branchies ( $26,36 \pm 7,11$  mg/kg).

Les teneurs du cuivre fluctuent autour de  $5,28 \pm 0.05$  mg/kg dans les trois organes des quatre individus. De nombreuses études ont démontré que l'alimentation est la principale voie d'accumulation métalliques pour les animaux aquatiques, (AOYAMA et al 1978; PATRIC et LOUITIT, 1978; DALLINGER et al 1987; SINDAYIGAYA et al., 1994; FISHER et REINFELDER, 1995), ce qui pourrait entraîner la bioamplification et l'augmentation des polluants jusqu'à la chaîne alimentaire (MASON, 1991). De fortes relations ont été constatées entre les teneurs en zinc dans le zooplancton et dans les poissons (SPRY et al., 1988).

L'analyse de variance (ANOVA1) chez les différents individus montre qu'il n'y a pas une différence significative pour (Zn, Pb, Cu, Fe). Pour les autres éléments métalliques (Ni dans les gonades et Cd dans le filet), il y a une différence significative ( $p < 0.05$ ).

#### **4 - Variations des teneurs métalliques moyennes par stade dans les différents organes étudiés :**

La figure IV-3 montre les résultats des variations des teneurs métalliques moyennes selon le stade des individus pêchés et dans les différents organes étudiés (les gonades, les branchies et le filet).

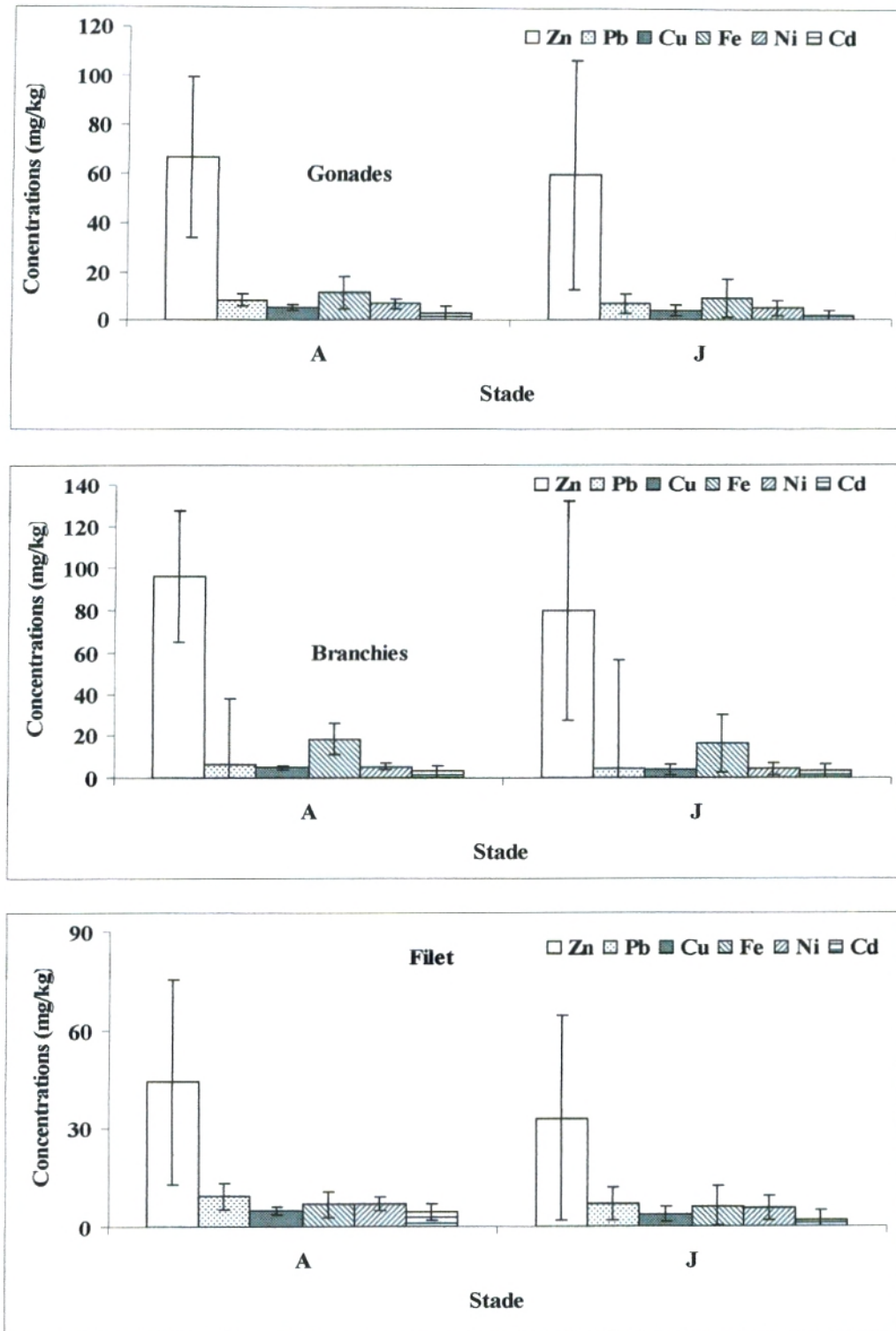


Figure IV-3: Variation des teneurs métalliques moyennes par stade dans les organes (gonades, branchies, et filet)

Les résultats de la figure (IV-3) montrent que les teneurs moyennes en zinc sont les plus élevées quelque soit le stade et l'organe de l'individu étudié. Elles sont maximales dans les branchies des adultes,  $103,06 \pm 31,27$  mg/kg.

Nous constatons aussi que les moyennes chez les adultes sont plus importantes que chez les juvéniles (**PROSI, 1981 et MCCOY et al., 1995**). Selon la littérature, la bioaccumulation de certains métaux varie avec l'âge chez les poissons (**PHILLIPS et al., 1980; BRAUNE, 1987; LANGE et al., 1994; LACERDA et al., 1994; BIDONE et al., 1997; HARDESEN et WRATTEN, 1998; BURGER et al., 2001b**), de leur cycle de vie, l'alimentation et la saison de capture (**FAGERSTROM, 1977 et PROSI, 1981**).

D'une manière générale, les teneurs moyennes les plus élevées se trouvent chez les adultes. Le même gradient d'accumulation par organe se présente: branchies > gonades > filet.

Dans le cas du Pb, nous relevons le maximum dans le filet  $7,54 \pm 3,93$  mg/kg. Pour le Cu et le Fe les maximums sont relevés dans les branchies respectivement  $5,16 \pm 1,18$  mg/kg et  $23,22 \pm 7,58$  mg/kg et pour le Ni et Cd les maximums sont dans le filet respectivement  $7,69 \pm 1,95$  mg/kg et  $3,34 \pm 2,57$  mg/kg.

Le gradient d'accumulation dans les branchies et les gonades de différents stade est le même et se présente comme suit: Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd

Par contre dans le filet, il est: Zn > Pb > Fe > Ni > Cu > Cd.

D'après les résultats de l'analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) pour la totalité des concentrations métalliques obtenus en fonction du facteur «stade » chez la carpe ( $p>0.05$ ). Le facteur stade n'est pas considéré dans la contamination métallique dans les organes du *Cyprinus carpio*.

### **5 - Variations des teneurs métalliques moyennes par sexe dans les différents organes étudiés :**

La figure IV-4 montre les résultats des variations des teneurs métalliques moyennes respectivement dans les gonades, les branchies et le filet de la carpe.

L'accumulation de métaux dans les différentes espèces de poissons dépend du rôle physiologique et du comportement (**CHATTOPADHYAY et al., 2002 et FRANCA et al., 2005**).

Nous remarquons que les teneurs métalliques moyennes sont élevées chez les mâles que chez les femelles pour tous les organes étudiés. Selon la littérature, le sexe a aussi une influence sur bioaccumulation des métaux (FAO, 1983 et CLEARWATER, 2002).

Le zinc est majoritaire avec une moyenne de  $94,28 \pm 37.53$  mg/kg suivit du fer  $21,43 \pm 11.8$  mg/kg dans les branchies des mâles. Quelque soit le sexe, le gradient d'accumulation par organe est comme suit : branchies > gonades > filet

En générale le même gradient de concentrations se présentent pour tous les organes étudiés que précédemment:

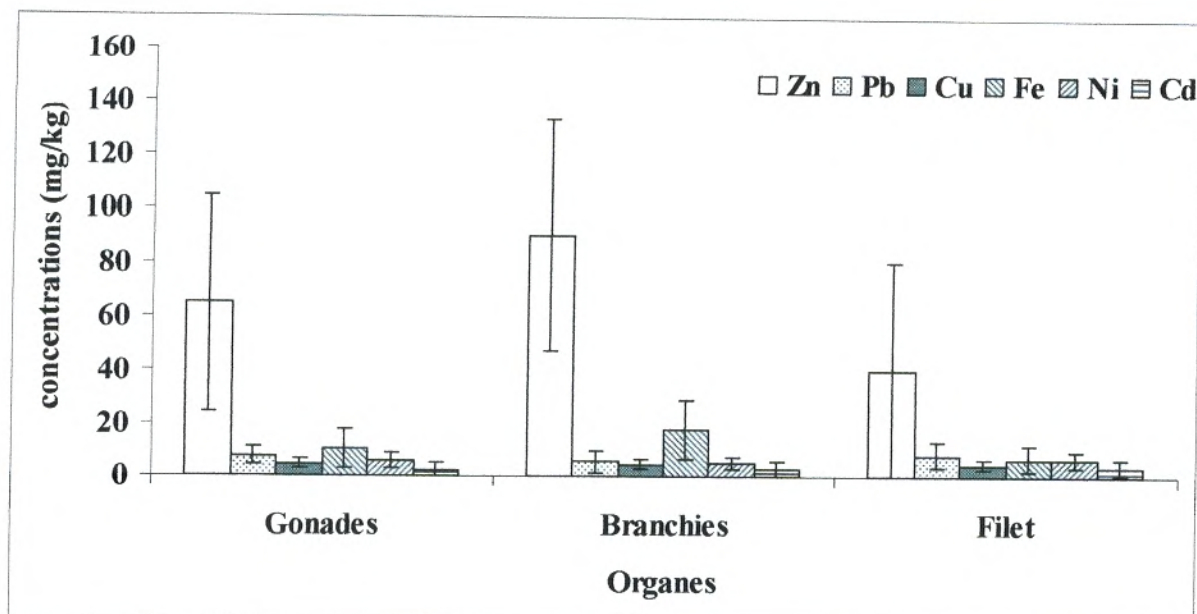
- gonades et branchies :  $Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd$
- filet :  $Zn > Pb > Fe > Ni > Cu > Cd$ .

Les teneurs moyennes maximales en plomb sont observées dans les gonades des mâles ( $7,19 \pm 3.00$  mg/kg). Pour le cuivre, les teneurs fluctuent autour de 5 mg/kg quelque soit le sexe et l'organe étudié. Pour le nickel et le cadmium, les teneurs moyennes sont de  $7,42 \pm 2,65$  mg/kg et  $3,04 \pm 3,28$  mg/kg dans le filets des mâles.

Pour l'analyse de la variance à un facteur «sexe » effectuée pour les différents métaux chez la carpe (ANOVA 1), les résultats montrent que la bioaccumulation en fonction de sexe n'est significative que dans le cas du cuivre dans les gonades au cours de la période d'étude ( $p < 0.05$ ).

## **6 - Variations des teneurs métalliques moyennes par organe :**

La figure IV-5 montre les résultats des variations des teneurs métalliques moyennes par organes des différents individus pêchés quelque soit l'âge et le sexe.



**Figure IV-5: Variation des teneurs métalliques moyennes par organe des différents individus pêchés**

D'après la figure IV-5, le gradient d'accumulation par organe est toujours respecté: branchies > gonades > filet.

Ces résultats sont en accord avec la littérature. Les branchies sont considérées comme les organes filtrants (RASHED, 2001). Des concentrations élevées de différents métaux peuvent être observés dans les branchies (HEATH, 1987).

Les teneurs moyennes en zinc sont les plus élevées dans tous les organes. Le zinc est un élément essentiel dans le métabolisme des cellules et dans les réactions enzymatiques comme cofacteur (DEVEZ, 2004). Le maximum est de  $101,33 \pm 43,32$  mg/kg relevé dans les branchies. L'absorption de zinc dans les branchies semblent être une fonction normale, survenant par les cellules (DEMIRAK et al., 2000). Les teneurs les plus élevées en plomb sont de  $7,09 \pm 3,45$  mg/kg relevées dans les gonades et de  $20,13 \pm 10,98$  mg/kg en fer dans les Branchies. Dans le filet le maximum en Ni noté, est de  $7,46 \pm 3,03$  mg/kg et en Cd est de  $2,92 \pm 3,00$  mg/kg. Le cadmium n'a aucun rôle métabolique connu. Il n'est pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants (CHIFFOLEAU, 2001).

Les gradients des teneurs métalliques se présentent comme suite :

- **Gonades** : Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd.
- **Branchies** : Zn > Fe > Ni > Pb > Cu > Cd.
- **Filet** : Zn > Ni > Pb > Fe > Cu > Cd.

D'après la bibliographie, le muscle n'est pas toujours un tissu actif dans l'accumulation de certains métaux lourds (**CARPENE et VASAK, 1989**). Toutefois, les teneurs moyennes en Cd, Pb et Zn sont supérieures aux limites pour la consommation humaine dans les parties comestibles (**FAO/WHO, 1989 et TFC, 2002**).

L'organisme conserve les deux métaux Cu et Zn par l'intermédiaire des protéines spécifiques de liaison connu sous le nom métallothionéine dans le foie (**ALLEN-GIL et MARTYNOV, 1995**). De fortes concentrations de Cu et Zn dans les muscles des poissons examinés reflètent de fortes concentrations de ces protéines (**ALLEN-GIL et MARTYNOV, 1995**). Les gonades ont montré des concentrations en cuivre et zinc plus élevées que ceux trouvés par **SINDAYIGAYA et al. (1994)**.

### 7- Variations temporelles :

Les figures IV-6-a-f représentent des variations temporelles des teneurs moyennes des différents éléments métalliques dans les différents organes.

La ligne horizontale dans chacun des graphes, indique la dose maximale admissible (DMA) pour chaque élément métallique chez les poissons. (**BOE, 1991; TAYEL, 1995 et IAEA, 2003**).



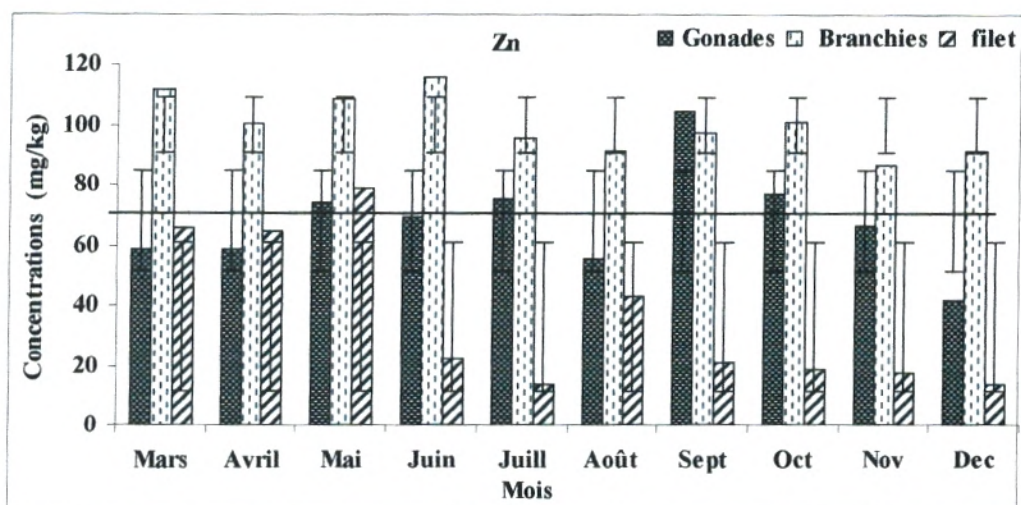


Figure IV-6-a : Variations temporelles des concentrations du zinc (mg/kg) chez la carpe.

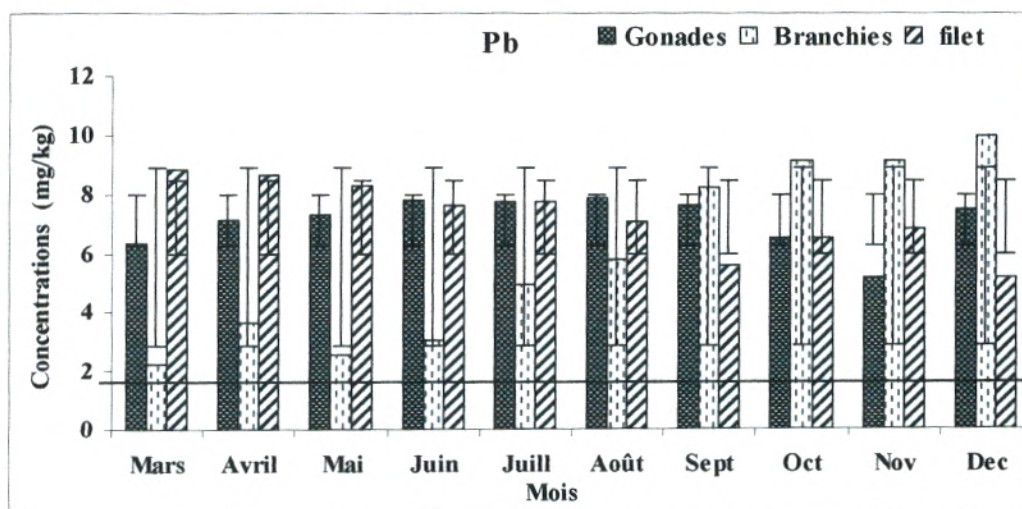


Figure IV-6-b : Variations temporelles des concentrations du plomb (mg/kg) chez la carpe.

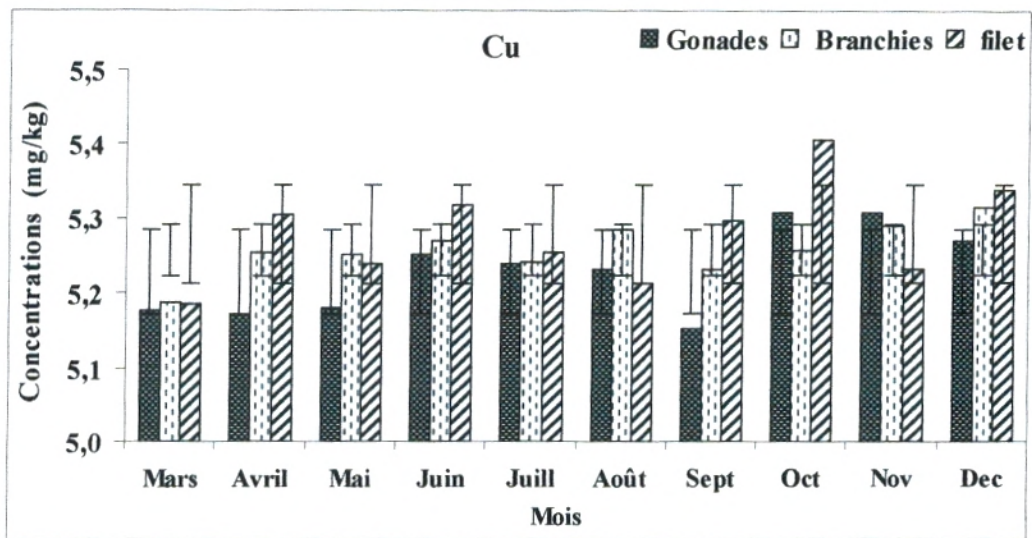


Figure IV-6-b : Variations temporelles des concentrations du cuivre (mg/kg) chez la carpe.

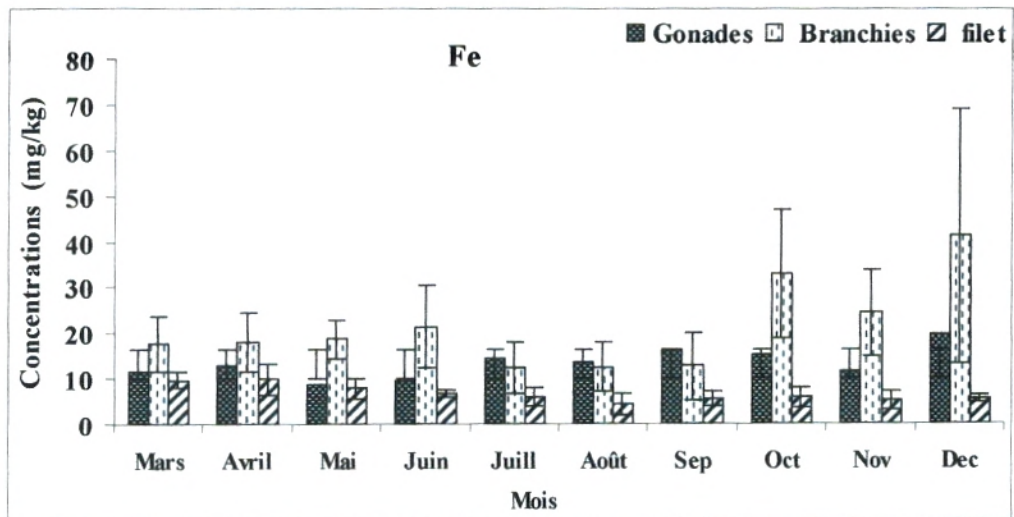


Figure IV-6-c : Variations temporelles des concentrations du fer (mg/kg) chez la carpe.

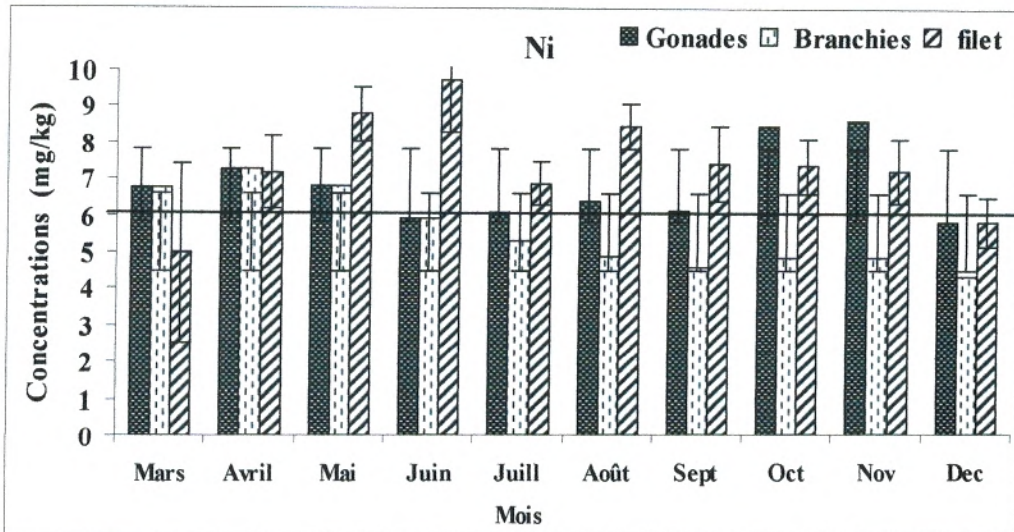


Figure IV-6-d : Variations temporelles des concentrations du nickel (mg/kg) chez la carpe.

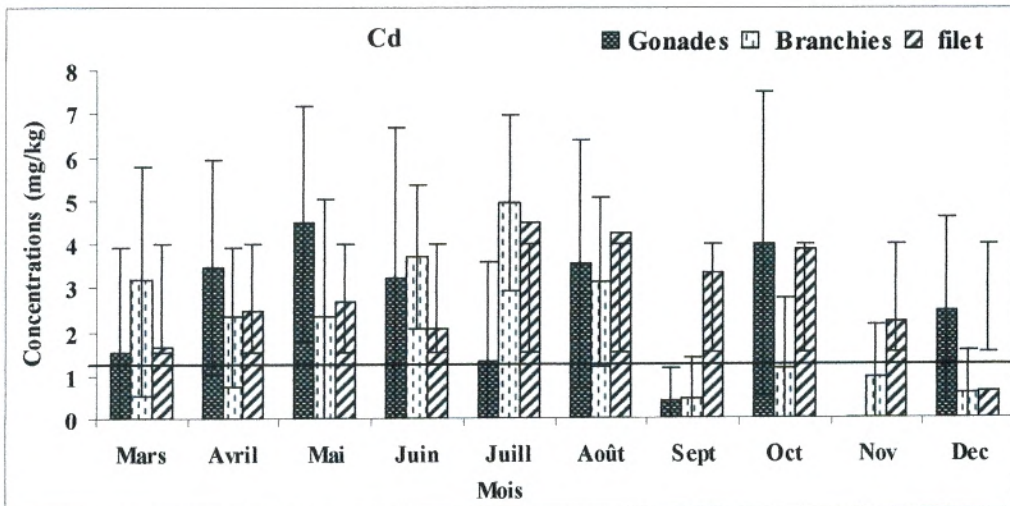


Figure IV-6-e : Variations temporelles des concentrations du cadmium (mg/kg) chez la carpe.

Les teneurs moyennes annuelles du nickel dans les gonades sont toujours supérieures à la valeur de référence (5.5 mg/kg) avec un maximum de  $8.62 \pm 0.47$  mg/kg durant le mois de novembre et un minimum de  $5.84 \pm 0.77$  mg/kg durant le mois de décembre. Dans le filet l'accumulation du nickel est maximale pendant le mois de juin avec une valeur de  $9.73 \pm 1.43$  mg/kg et minimale pendant le mois de mars  $4.98 \pm 2.45$  mg/kg. Tandis que pour les branchies les concentrations enregistrées avec un maximum de  $7.27 \pm 0.69$  mg/kg durant le mois d'avril et un minimum de  $4.35 \pm 0.38$  mg/kg pendant le mois de décembre.

### **f) Le cadmium :**

L'accumulation du cadmium par la carpe présente une variabilité remarquable au cours du temps (Fig IV-6-f). Les concentrations temporelles en cadmium sont importantes, avec un dépassement de la dose maximale admissible (1 mg/kg) (BOE, 1991). Chez les poissons le cadmium est absorbé par les voies branchiales ou par l'intermédiaire de la nourriture (VERON, 1990). Le cadmium est toxique aussi pour les invertébrés et les plantes sa toxicité dépend des paramètres de la qualité de l'eau. Il peut perturber l'équilibre ionique en altérant la perméabilité des membranes cellulaires (IFREMER, 2001).

Les concentrations relevées de cet élément sont variables, où la valeur maximale pour les branchies enregistrées en mois de juillet est de  $4.95 \pm 2.01$  mg/kg, et la valeur minimale est de  $0.46 \pm 0.94$  mg/kg pendant le mois de septembre. En outre ces concentrations diminuent considérablement en mois de novembre, décembre probablement du fait de la dilution par les crues. La concentration dans les gonades est maximale durant le mois de mai avec une valeur de  $4.48 \pm 2.69$  mg/kg et minimale pendant le mois de septembre avec une valeur de  $0.40 \pm 0.76$  mg/kg. Dans le filet la concentration est maximale pendant le mois de juillet avec une valeur de  $4.51 \pm 2.45$  mg/kg et minimale durant le mois de décembre avec une valeur de  $0.60 \pm 0.81$  mg/kg.

## **8- Variations saisonnières des métaux chez la carpe**

La figure (IV-7) montre les résultats de l'analyse de certains métaux lourds (zinc, plomb, cuivre, cadmium, fer, nickel) obtenus à partir des échantillons analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A).

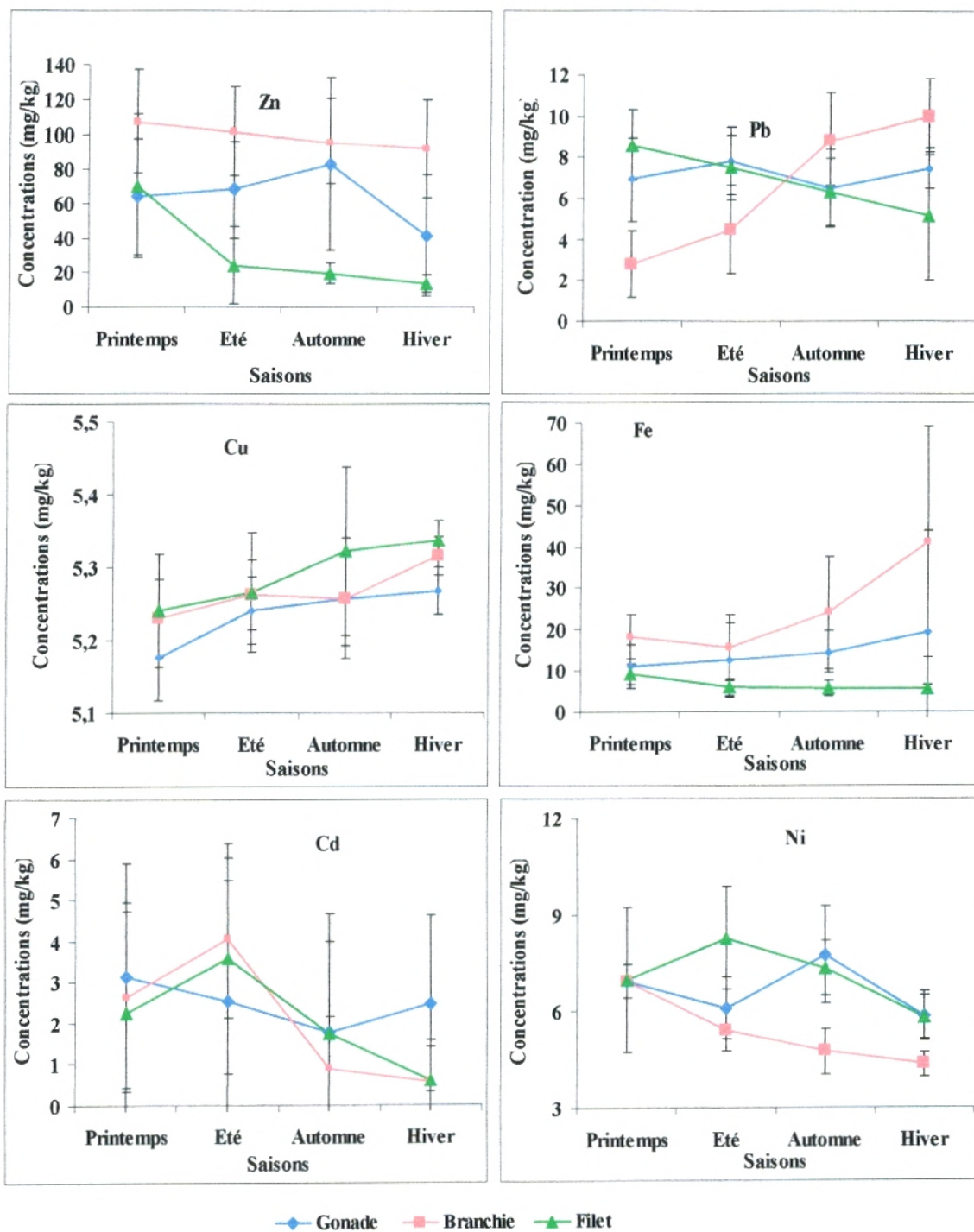


Figure IV-7 : Variations saisonnières du Zn, Pb, Cu, Fe, Ni et Cd chez la carpe.

Durant la période d'étude, les teneurs en zinc chez la carpe sont variables, elle est importantes pour les branchies durant toute les saisons de l'année ( $107.19 \pm 29.99$  mg/kg).

Ces teneurs métalliques diminuent en automne et l'hiver et deviennent plus faibles dans le filet ( $13.51 \pm 5.15$  mg/kg). Dans les gonades la concentration est maximale durant l'automne avec une valeur de  $82.90 \pm 49.84$  mg/kg est minimale pendant l'hiver avec une valeur de  $41.59 \pm 35.23$  mg/kg.

Le suivi de l'évolution du plomb chez la carpe montre que les concentrations relevées en automne et en hiver dans les branchies sont plus élevées ( $8.86 \pm 2.23$  mg/kg). L'accumulation dans les gonades et le filet du poisson est similaire en été et en automne ( $6.30 \pm 1.66$  mg/kg).

Les gonades présentent des concentrations plus importante en printemps et en été ( $6.92 \pm 1.65$  mg/kg). Dans le filet la concentration est maximale durant le printemps avec une valeur de  $8.58 \pm 1.72$  mg/kg est minimale pendant l'hiver avec une valeur de  $5.17 \pm 3.12$  mg/kg.

L'observation de l'évolution saisonnière du cuivre chez la carpe a montrée que cet élément présente des valeurs faibles fluctuent autour de  $5.24 \pm 0.08$  mg/kg pendant toutes les saisons pour les trois organes (gonades, branchies, filet).

L'accumulation du fer par les branchies est importante pendant l'hiver avec une valeur de  $41.22 \pm 27.91$  mg/kg, elle est minimale durant l'été avec une valeur de  $15.64 \pm 7.9$  mg/kg. Dans les gonades la concentration est maximale durant l'hiver avec une valeur de  $19.56 \pm 24.45$  mg/kg et minimale pendant le printemps avec une valeur de  $11.01 \pm 5.4$  mg/kg. La concentration dans le filet est maximale pendant le printemps avec une valeur de  $9.15 \pm 2.5$  mg/kg et elle est minimale pendant l'hiver avec une valeur de  $5.60 \pm 0.96$  mg/kg.

Les concentrations obtenues pour le nickel diffèrent entre les trois organes, nous constatons qu'il y a une forte accumulation au niveau des gonades pendant l'automne avec une valeur de  $7.76 \pm 1.5$  mg/kg et dans le filet pendant l'été avec une valeur de  $8.28 \pm 1.59$  mg/kg.

Dans les branchies la concentration la plus importante enregistrée en printemps avec une valeur de  $6.94 \pm 0.52$  mg/kg, la moins importante en hiver avec une valeur de  $4.35 \pm 0.37$  mg/kg.

L'analyse statistique (ANOVA1) utilisée en considérant le facteur «saison » chez la carpe a montrée que la bioaccumulation des éléments métalliques (Zn, Pb, Cu, Fe, Ni) ne présentent pas une différence significative ( $p>0.05$ ) d'une saison à une autre au cours de cette étude.

En ce qui concerne l'évolution saisonnière du cadmium chez la carpe, elle est marquée par une variabilité des teneurs durant la période d'étude qui diffère selon les organes (Fig IV-7).

En printemps et la période estivale, les concentrations du cadmium sont élevées  $4.07 \pm 1.94$  mg/kg, l'accumulation durant l'automne et l'hiver montre une diminution des teneurs en cadmium  $0.58 \pm 0.81$  mg/kg dans les différents organes.

Selon (ANOVA1) le cadmium, présente une différence significative ( $p<0.05$ ).

Cette forte concentration en été peut être associées au métabolisme élevé en raison à haute température de l'eau (**KARGIN et al., 2001**). Des différences saisonnières des concentrations métalliques dans les poissons ont été également rapportés par autres auteurs (**KARGIN et al., 2001** et **EASTWOOD et COUTURE, 2002**).

En général, les concentrations des six métaux observées sont plus élevées en printemps et en été qu'en automne et en hiver. Cette tendance a également été trouvé pour *Sander lucioperca* et *Carassius Carassius* dans le lac Kovada en Turquie (**İSMAIL et al., 2006**), *Tilapia zillii* en lac Manzalah (**ZYADAH, 1999**), *Abramis brama* dans lac Balaton (**KELLY, 1988**), et *Capoeta Capoeta umbla* dans le lac du barrage Keban (**CANPOLAT et CALTA, 2003**). Ces élévations des teneurs métalliques en printemps et en été, pourraient être liée à l'augmentation de l'activité physiologique des poissons au cours de ces saisons, principalement causée par l'augmentation de la température de l'eau.

Tableau IV-5 : Concentrations des métaux lourds dans les branchies, les gonades et le filet de *Cyprinus carpio*

Auteurs	Espèce	Organes	Zn	Fe	Cu	Ni	Cd	Pb
FEVZI et al 2006	<i>Cyprinus carpio</i> Kizilirmak de la Turquie	Gonades	874	198	5.56	0.53	0.20	0.25
		Branchies	1036	480	3.30	0.26	0.16	0.16
		Filet	8.50	37	1.1	3.90	0.12	1.79
ALAM et al 2002	<i>Cyprinus carpio</i> Lac Kasumigaura Japon	Gonades	108	185	1.263	0.042	0.009	0.031
		Branchies	-	-	-	-	-	-
		Filet	5.433	2.729	0.249	0.041	0.009	0.037
RAYMENT et BARRY 2000	<i>Tilapia niloticus</i> Raine Island	Gonades	-	-	-	-	-	-
		Branchies	-	-	-	-	-	-
		Filet	2.6	-	3.6	0.07	0.13	0.04
MENDIL et al 2005	<i>Cyprinus carpio</i> Lac Almus Turquie	Gonades	-	-	-	-	-	-
		Branchies	-	-	-	-	-	-
		Filet	33.6	96.6	2.6	2.0	0.3	1.0
CHANDRA- SEKHAR et al 2003	<i>Catla catla</i> Lac Kolleru India	Gonades	-	-	-	-	-	-
		Branchies	100	-	89	0.92	0.37	3.77
		Filet	41	-	33	0.22	0.11	1.84
KARADEDE et UNLU 2000	<i>Cyprinus carpio</i> Lac Atatürk Turquie	Gonades	-	-	-	-	-	-
		Branchies	-	-	-	-	-	-
		Filet	9.72	11.51	2.23	-	-	-
YILMAZ et al 2005	<i>Leuciscus cephalus</i> Saricay-II Turquie	Gonades	-	-	-	-	-	-
		Branchies	9.66	4.24	0.57	-	0.01	0.29
		Filet	21.51	7.75	1.04	-	0.05	0.78
ÖZTÜRK et al 2009	<i>Cyprinus carpio</i> barrage Avsar de la Turquie	Gonades	-	-	-	-	-	-
		Branchies	-	-	-	-	-	-
		Filet	16.6	16.6	3.85	1.27	0.17	2.14
Présente étude	<i>(Cyprinus carpio)</i> barrage Sidi Abdelli	Gonades	70.43	12.94	5.23	6.89	2.3	7.1
		Branchies	101.3	20.13	5.25	5.67	2.5	5.4
		Filet	37.23	6.87	5.28	7.46	2.7	7.2



Nos résultats concernant le fer dans les échantillons de tissus sont similaires à ceux rapportés par **KARADEDE** et **UNLU (2000)** dans barrage Atatürk, mais restent inférieurs à ceux rapportés par **ALAM (2002)** en jupon et plus élevés que ceux détectés dans les poissons de certaines autres régions (tableau IV-5).

Dans notre étude les teneurs en cuivre trouvés chez *Cyprinus carpio* du barrage Sidi Abdelli est plus élevées que celles détectées dans *Cyprinus carpio* du lac Kasumigaura (**ALAM et al., 2002**), *Tilapia niloticus* (**RAYMENT et BARRY, 2000**), *Leuciscus cephalus* (**YILMAZ et al., 2005**), et inférieur à celles rapportées dans d'autres zones d'étude (tableau IV-5).

Les valeurs de nickel dans les échantillons de tissus de notre étude, sont supérieures à celles trouvées dans le lac Kizilirmak (**FEVZI et al., 2006**) et dans le lac Kasumigaura (**ALAM et al., 2002**).

Les concentrations du zinc sont semblables à celles trouvées dans la carpe du lac Kasumigaura (**ALAM et al., 2002**), inférieures à celles trouvées dans le lac Kizilirmak (**FEVZI et al., 2006**) et plus élevés que celles d'autres études (tableau IV-5). Comme le cuivre et le zinc sont à la fois des oligo-éléments et toxiques à partir d'un certain seuil. La toxicité provient des sources industrielles et domestiques.

Les teneurs moyennes obtenus pour le cadmium sont moyennement importantes entre (2.36-2.71 mg/kg). Ce dépassement peut être expliqué par : le lessivage, les eaux de ruissellement, l'érosion des sols et l'utilisation d'engrais. Nos valeurs de cadmium ont été inférieures à celles de Seyhan (**CANLI et KALAY, 1998**). La concentration du plomb est plus élevée que celles de la littérature (Tableau IV-5).

**V - Reproduction**

**V -1- le Rapport Gonado-Somatique R.G.S :**

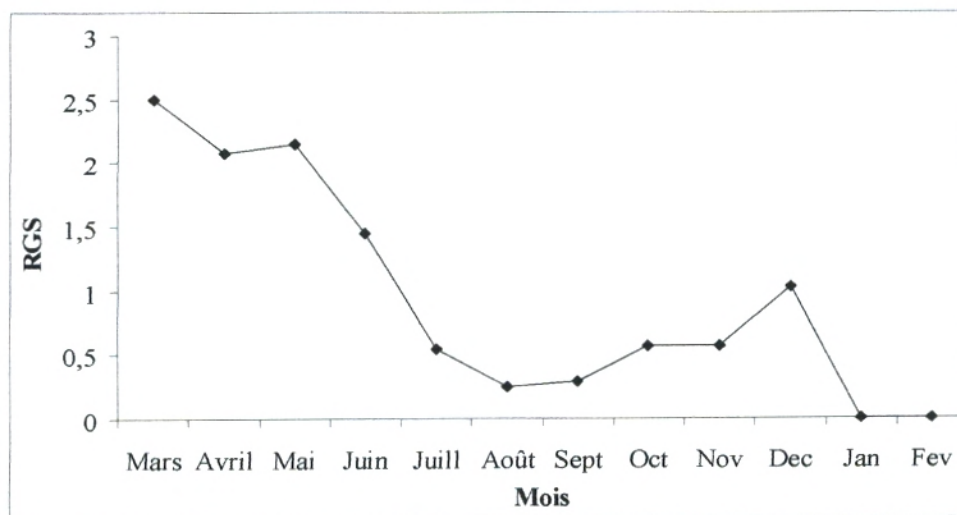
$$\text{RGS} = \text{Poids des gonades} * 100 / \text{Poids du corps (BOUGIS, 1952)}.$$

**- Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique :**

Les moyennes mensuelles du RGS ont été calculées pour 48 mâles et 31 femelles.

**Tableaux V -1-1 :** les moyennes mensuelles du RGS mâles et femelles de la carpe.

Mois	RGS	RGS (Mâles)	RGS (Femelles)
Mars	2,5	1,52	2,78
Avril	2,08	2,61	1,23
Mai	2,15	1,79	2,5
Juin	1,45	2,12	0,8
Juill	0,54	0,66	0,43
Aout	0,25	0,25	0,26
Sept	0,29	0,3	0,29
Oct	0,56	0,42	0,86
Nov	0,56	0,48	1,02
Dec	1,026	1,4	0,73



**Figure V -1-1 :** Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique de la carpe.

Les valeurs les plus élevées du rapport gonado-somatique s'observent durant les périodes allant de mars à juin. Cette période apparaît bien comme étant celle de la reproduction de *Cyprinus carpio*, c'est-à-dire le moment où la majorité de la population se reproduit. De juillet à novembre, le rapport gonado-somatique de l'espèce est à son niveau le plus bas: c'est la période de repos sexuel.

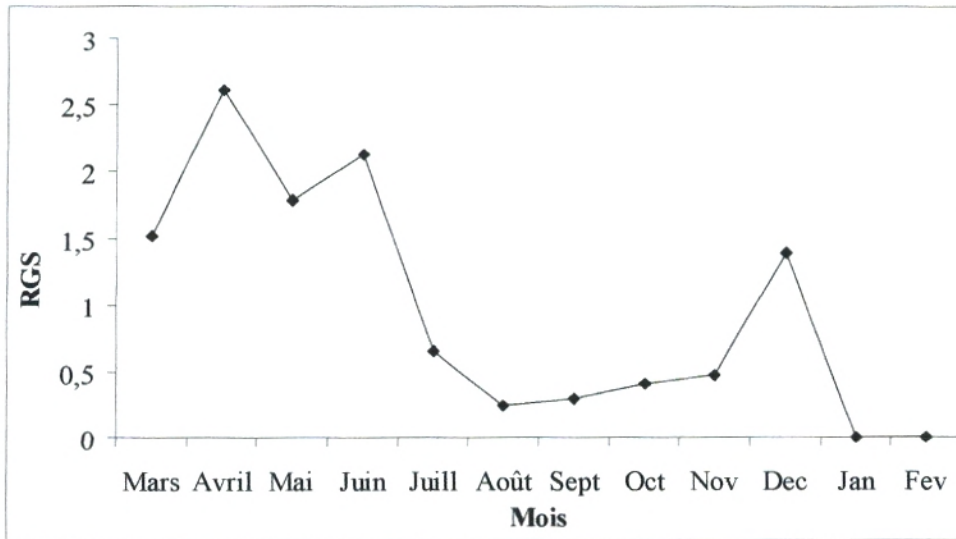


Figure V-1-2 : Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique chez les mâles.

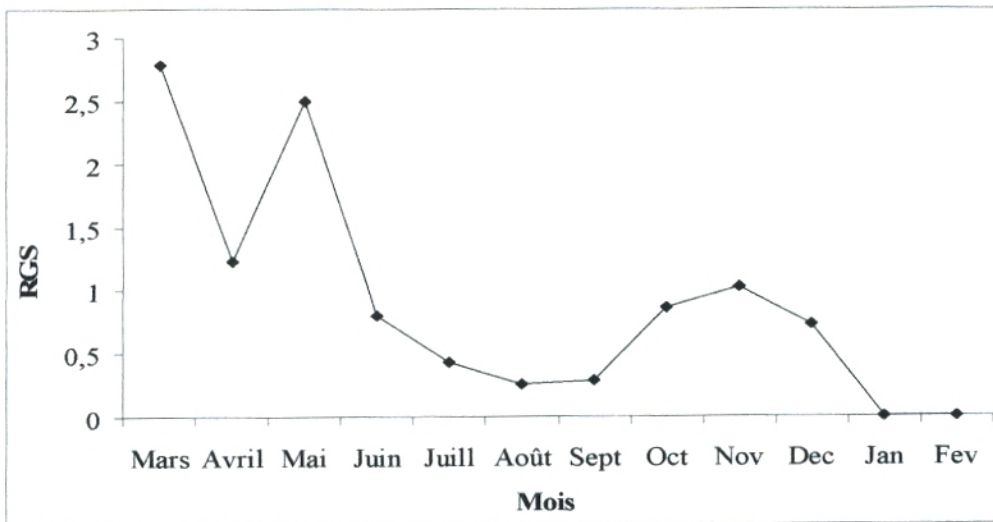


Figure V- 1-3 : Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique chez les femelles.

D'après les figures (V-1-1 -3) il s'avère que les variations mensuelles du rapport gonado-somatique marquées par des pics de cet indice en avril, juin pour les mâles et commencent à diminuer du mois de juillet jusqu'à septembre. Chez les femelles le rapport gonado-somatique marquées par des pics durant les mois de mars et mai, ensuite commencent à diminuer du mois de juin jusqu'au le mois de septembre puis reprennent leurs élévations pendant le mois d'octobre jusqu'au mois de décembre.

**V -2- Sex-ratio :**

**a- Sex-ratio global :**

Nous avons déterminé la valeur globale du sex-ratio pour toute la période d'étude.

**Tableau V -2 -1 : Sex-ratio global pour la carpe**

<b>Sexe</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Males</b>	48	60,75%
<b>Femelles</b>	31	39,24%
<b>Total</b>	79	100%

D'après le tableau, nous constatons que le sex-ratio globale est en faveur des mâles pendant la période d'étude (mars jusqu'à décembre) avec 60.75% mâles et 39.24% femelle. La différence de sex-ratio entre les deux sexes est due à la biologie de l'espèce.

**b- Sex-ratio mensuelle :**

Le tableau suivant représente les valeurs du sex-ratio mensuelle durant la période d'étude. Le pourcentage des femelles ou taux de féminité déterminé par la relation :

$$\text{Taux de féminité} = [F / (F+M)] * 100$$

Tableau V -2 -2 : Sex-ratio mensuelle

Mois	Taux de féminité %
Mars	77,7
Avril	25
Mai	33,3
Juin	33,3
Juillet	30
Août	50
Sept	62,5
Oct	30
Nov	14,2
Dec	33,3

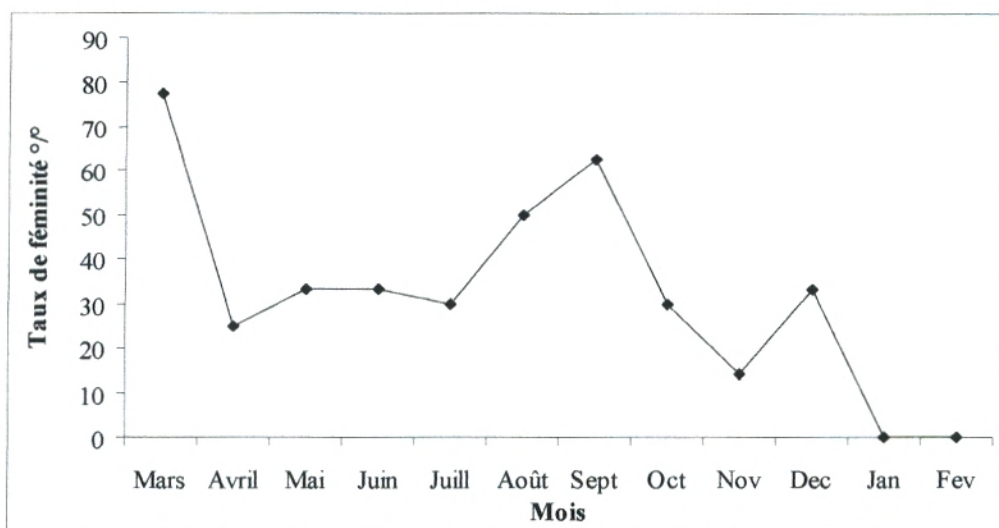


Figure V- 2 -1 : Evolution mensuelle du sex-ratio de la carpe.

Les variations du sex-ratio de la carpe au niveau du barrage Sidi Abdelli sont marquées par un pourcentage important (supérieur à 70 %) pendant le mois de mars, il est moins important du mois d'avril jusqu'à juillet (inférieur à 40 %), cette période correspond à l'activité reproductrice maximale chez les femelles. Puis reprennent leurs élévations en mois de août et septembre (entre 50 à 60 %) c'est le moment du repos sexuel et commencent à diminuer pendant les mois d'octobre et novembre jusqu'à 10 % puis reprennent leur élévation vers plus de 30 % en mois de décembre.

**VI- Analyse statistique**

**VI-1 Test de Student**

L'analyse de nos résultats par le test de **Student** montre que la valeur p (probabilité de rejeté de H) est comme suit pour les différents éléments métalliques retenus dans cette étude pour chaque organe dosé (Branchies, Gonades, Filet).

**Tableau VI-1:** La valeur p et les moyennes de différents éléments métalliques dans les gonades

<b>Gonades</b>					<b>Résultat du test t</b>	
moyen métaux	AF	AM	JF	JM	AF Φ AM	JF Φ JM
	p					
<b>Zn</b>	63,50	67,10	61,29	87,06	0.752	0.075
<b>Pb</b>	6,41	7,62	7,87	6,59	0.249	0.415
<b>Cu</b>	5,19	5,23	5,21	5,26	0.078	0.082
<b>Fe</b>	11,60	13,40	13,00	13,59	0.315	0.880
<b>Ni</b>	6,86	7,03	6,18	7,12	0.630	0.060
<b>Cd</b>	2.03	2,88	1,82	2,74	0.058	0.388

AF: adultes femelles, AM: adultes mâles, JF: juvéniles femelles, JM: juvéniles mâles

**Tableau VI-2:** La valeur p et les moyennes de différents éléments métalliques dans les branchies.

<b>Branchies</b>					<b>Résultat du test t</b>	
moyen métaux	AF	AM	JF	JM	AF Φ AM	JF Φ JM
	p					
<b>Zn</b>	102,10	98,88	106,44	101,19	0.680	0.625
<b>Pb</b>	5,81	5,19	4,49	6,25	0.552	0.199
<b>Cu</b>	5,24	5,26	5,23	5,26	0.249	0.206
<b>Fe</b>	18,44	17,91	17,50	26,36	0.836	0.111
<b>Ni</b>	5,69	5,88	5,50	5,45	0.57	0.917
<b>Cd</b>	1,74	2,31	2,83	3,16	0.446	0.708

**Tableau VI-3 :** La valeur p et les moyennes de différents éléments métalliques dans le filet.

<b>Filet</b>					<b>Résultat du test t</b>	
moyen métaux	AF	AM	JF	JM	AF Φ AM	JF Φ JM
	p					
<b>Zn</b>	47,60	37,21	34,08	28,60	0.381	0.575
<b>Pb</b>	7,12	7.85	7.48	7,01	0.517	0.608
<b>Cu</b>	5,27	5,27	5,26	5,31	0.850	0.204
<b>Fe</b>	7,47	6,62	6,15	7,01	0.316	0.330
<b>Ni</b>	6,83	7,65	8,49	7,25	0.109	0.053
<b>Cd</b>	3,48	3,25	1,39	2,74	0.894	0.053

La valeur de  $p > 0.05$  pour tous les métaux quelque soit l'organe (branchies, les gonades le filet), indique que quelque soit l'âge (adulte/ juvénile) les concentrations moyennes des métaux ne présentent pas une différence significative, donc le facteur âge n'est pas perceptible dans la contamination.

Les résultats des tests de comparaison entre les groupes: adultes mâles-femelles et juvéniles mâles-femelles pour les variables: poids, T1, T2 et poids des gonades, montrent la valeur p (probabilité de rejeté de  $H_0$ ).

**Tableau VI-4:** La valeur p et des moyens des variables biométriques

Moyen V.B	AF	AM	JF	JM	Résultat du test t	
					AF Φ AM	JF Φ JM
					p	
<b>poids</b>	584,9	352,61	278,91	239,85	0.003	0.108
<b>T1</b>	37,74	32,08	30,33	28,27	0.003	0.113
<b>T2</b>	7,455	6,36	5,77	5,82	0.002	0.856
<b>PG</b>	8,864	4,77	2,71	2,21	0.052	0.607

V.B: valeurs biométriques, T1: taille 1, T2: taille 2, PG: poids des gonades.

**p\*:** différence significative

La valeur de  $p < 0.05$  pour les différents variables biométriques des adultes mâles et femelles, indique que les variables présentent une différence significative chez les adultes entre les mâles et les femelles. Seulement le poids des gonades ne présente pas une différence significative. Nous remarquons que la moyenne des différents variables est élevée chez les adultes femelles que chez les mâles.

Pour les juvéniles la valeur de  $p > 0.05$  pour les différents variables biométriques chez les mâles ou les femelles, indiquent que les différents variables mesurées ne présentent pas une différence significative. La moyenne des différents variables est élevée chez les femelles que chez les mâles.

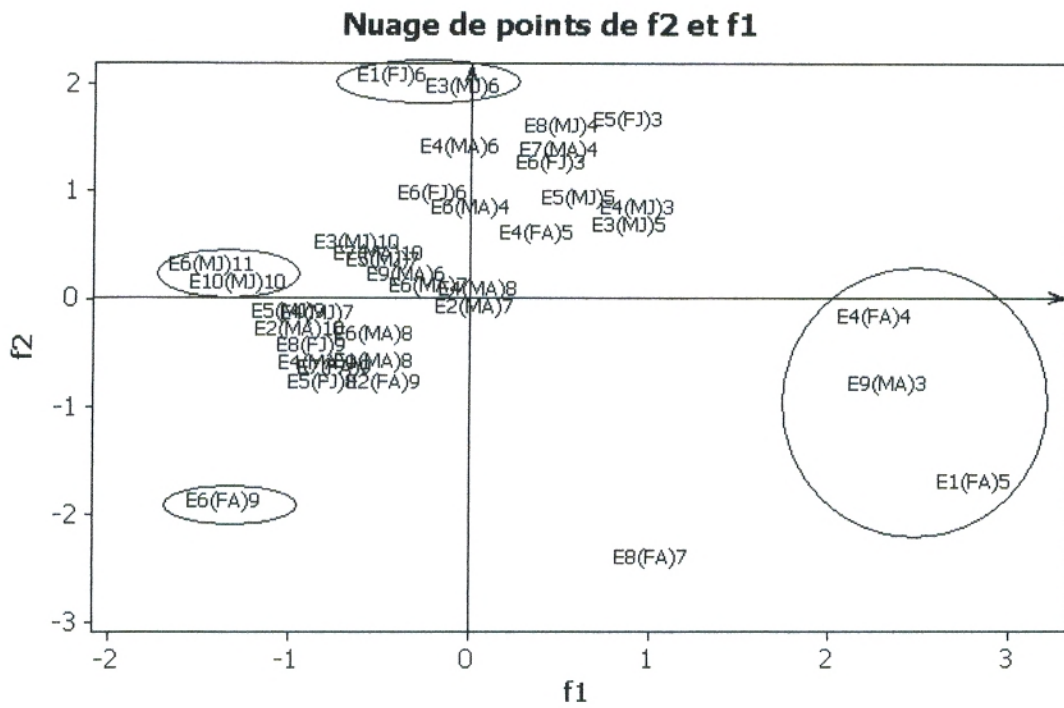
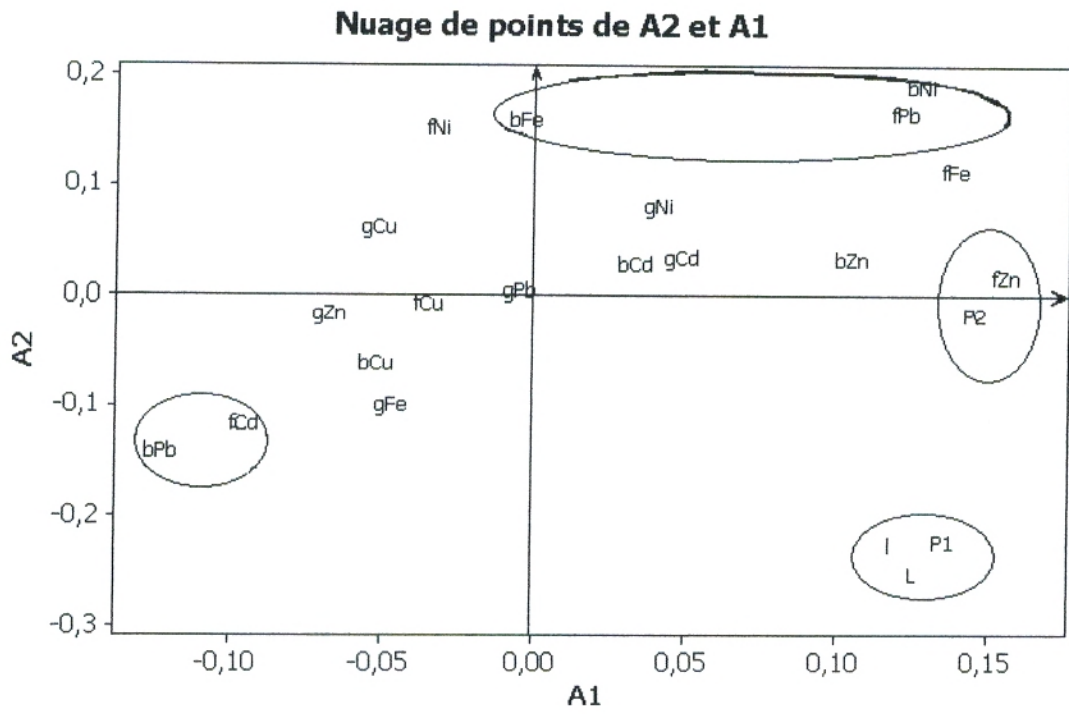
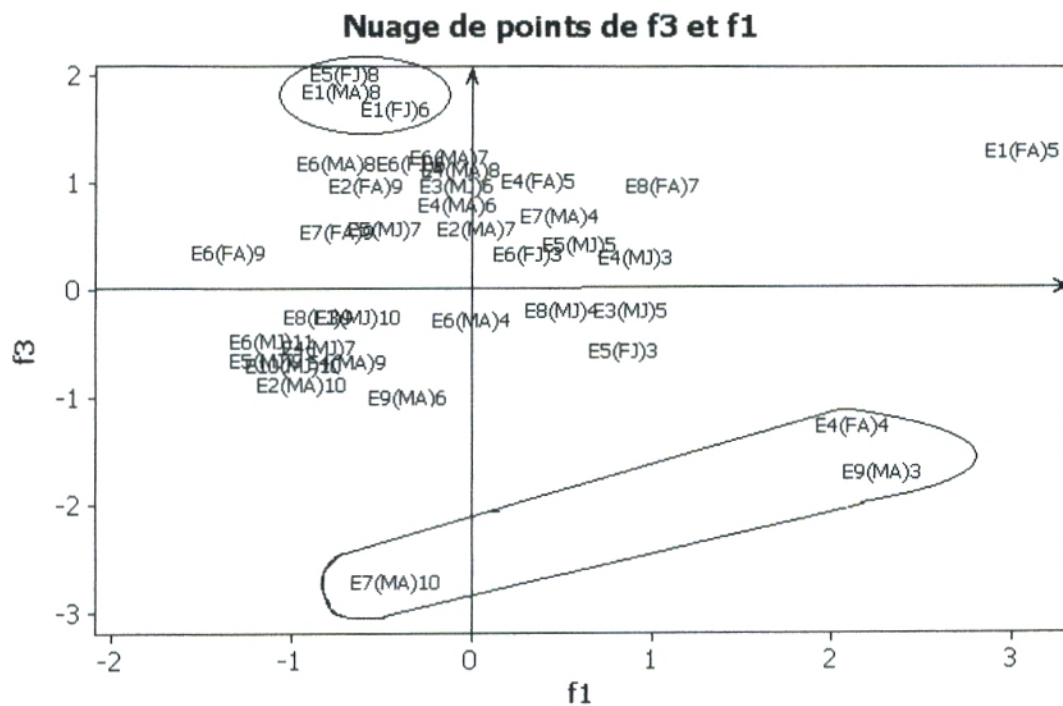
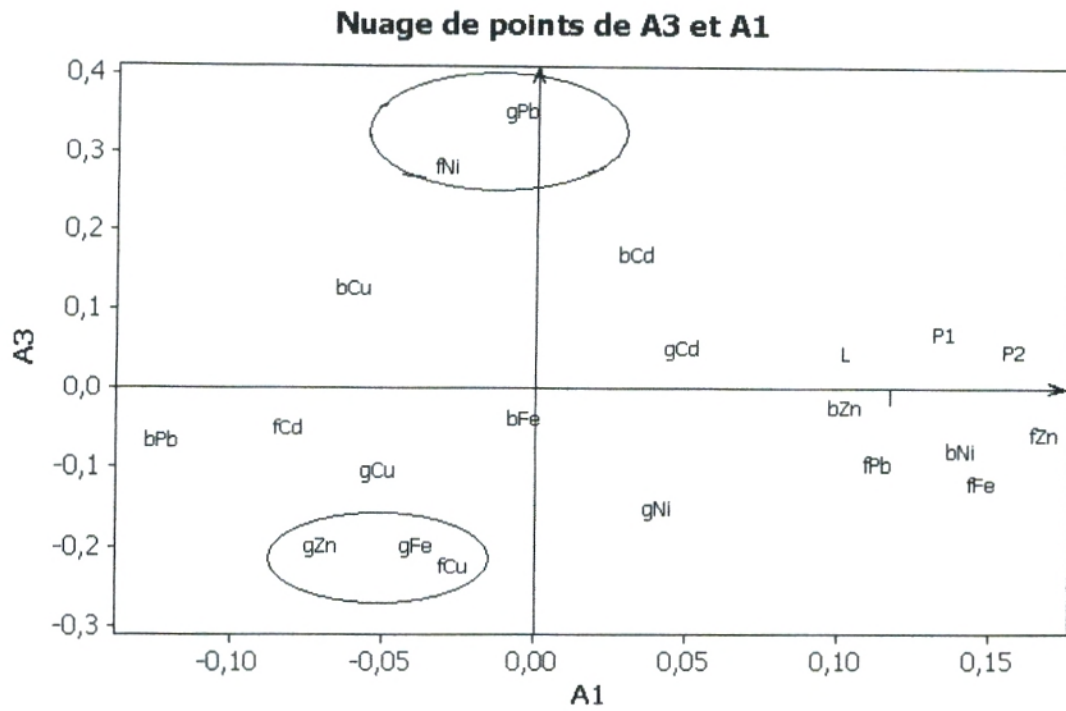


Figure VI-1-a: Résultats d'ACP des différents individus et variables chez *Cyprinus carpio*.





**Figure VI-1-b:** Résultats d'ACP des différents individus et variables chez *Cyprinus carpio*.

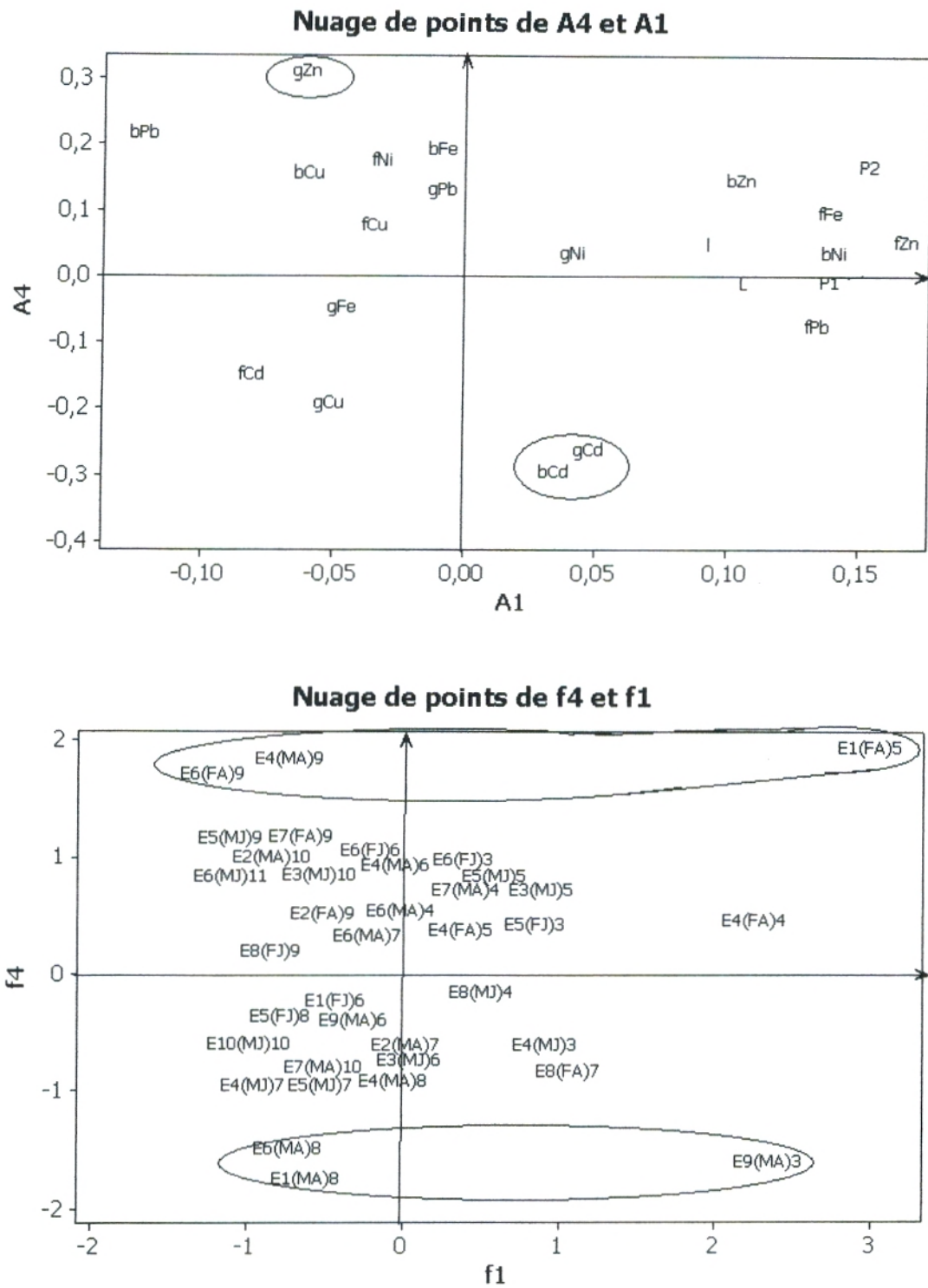


Figure VI-1-c: Résultats d'ACP des différents individus et variables chez *Cyprinus carpio*.

La matrice d'entrer qui a été utilisée pour l'analyse multivariée appliquée pour les résultats obtenus pour les différents variables, composées de 22 colonnes (les poids ( $P_1$ ,  $P_2$ ), les tailles ( $L$ ,  $l$ ) et les concentrations de six éléments métalliques dans les trois organes (les gonades, les branchies et le filet)) et les lignes qui correspondent aux individus.

Les valeurs propres ont permis de retenir quatre inerties respectives de 38,91 %, 25,20 %, 20,28 % et 15,61 %. Le plan ( $f_1 \times f_2$ ) de cette analyse principale totalise 79,49 % de l'information totale. Le plan ( $f_1 \times f_3$ ) présente une inertie globale de 72,57 % et le plan ( $f_1 \times f_4$ ) présente une inertie globale de 68,9 %.

Les contribution relatives des points colonnes qui construisent l'axe 1 sont :  $P_2$  et  $f_{Zn}$  de coordonnées positives et les  $f_{Cd}$ ,  $b_{Pb}$  de coordonnées négatives.

Les points lignes qui construisent cet axe présentés par les individus  $E_9 (MA)_3$ ,  $E_4 (FA)_4$ ,  $E_1 (FA)_5$  de coordonnées positive alors que les individus  $E_6 (MJ)_{11}$ ,  $E_{10} (MJ)_{10}$ , sont de coordonnées négatives.

La concentration la plus importante du zinc est enregistrée dans le filet des individus  $E_9 (MA)_3$ ,  $E_4 (FA)_4$ ,  $E_1 (FA)_5$  et le poids des gonades  $P_2$  qui est importants contribuent dans la définition de l'axe 1 sur le coté positive. Les teneurs en Cd dans le filet et en Pb dans les branchies des individus  $E_6 (MJ)_{11}$ ,  $E_{10} (MJ)_{10}$  sont élevées.

Sur l'axe 2, les points colonnes de coordonnées positives sont présentés par l'accumulation du fer, du nickel dans les branchies et du plomb dans le filet à l'opposé du poids  $P_1$  et les tailles qui sont de coordonnées négatives.

Les points lignes qui construisent l'axe 2 sont :  $E_1 (FJ)_6$  et  $E_3 (MJ)_6$  de coordonnées positives alors que l'individu  $E_6 (FA)_9$  est de coordonnée négative.

Nous observons que la longueur totale ( $L$ ), le poids total ( $P_1$ ) et la largeur ( $l$ ) présentent une corrélation positive entre eux chez l'individu  $E_6 (FA)_9$ . Les teneurs en Ni et Pb dans les branchies et en Pb dans le filet des individus  $E_1 (FJ)_6$  et  $E_3 (MJ)_6$  sont de valeurs importantes.

Sur l'axe A3, les points colonnes construisant cet axe sur le coté positive sont :  $g_{Pb}$ ,  $f_{Ni}$  et sur le coté négative se sont les accumulations du zinc, du fer dans les gonades et du cuivre dans le filet.

Les points lignes qui construisent l'axe 3 de coordonnées positives sont :  $E_5 (FJ)_8$ ,  $E_1 (MA)_8$  et  $E_1 (FJ)_6$  et de coordonnées négatives sont :  $E_7 (MA)_{10}$ ,  $E_9 (MA)_3$  et  $E_4 (FA)_4$ .

La projection des variables sur le plan f1-f3 montre l'existence d'un ensemble de métaux (Zn et Fe dans les gonades et Cu dans le filet) avec de fortes concentrations chez les individus E7 (MA)<sub>10</sub>, E9 (MA)<sub>3</sub> et E4 (FA)<sub>4</sub> qui possèdent des relations positives entre eux et une corrélation négative avec le plomb et le nickel dans le filet des individus E5 (FJ)<sub>8</sub>, E1 (MA)<sub>8</sub> et E1 (FJ)<sub>6</sub> qui présentent des concentrations élevées.

Sur l'axe 4, les points colonnes de coordonnées positives sont présentés par l'accumulation du zinc dans les gonades à l'opposé de l'accumulation du cadmium dans les gonades et les branchies, ils sont de coordonnées négatives.

Les points lignes qui construisent l'axe 4 sont : E1 (FA)<sub>5</sub>, E4 (MA)<sub>9</sub> et E6 (FA)<sub>9</sub> de coordonnées positives alors que les individus E9 (MA)<sub>3</sub>, E6 (MA)<sub>8</sub> et E1 (MA)<sub>8</sub> sont de coordonnées négatives.

Les concentrations du cadmium dans les gonades et les branchies sont importantes chez les individus E9 (MA)<sub>3</sub>, E6 (MA)<sub>8</sub> et E1 (MA)<sub>8</sub>, cet élément est négativement lié à l'accumulation du zinc dans les gonades des individus E1 (FA)<sub>5</sub>, E4 (MA)<sub>9</sub> et E6 (FA)<sub>9</sub>.

Les résultats de l'ACP sont en accord avec le tableau des résultats obtenus (les tailles, les poids et les concentrations métalliques).



**Conclusion**

---

## CONCLUSION

Cette étude est proposée pour contribuer à évaluer le degré de contamination métallique dans le barrage de Sidi Abdelli, l'un des plus importants barrages de la wilaya de Tlemcen.

Nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la biodisponibilité des métaux (Zn, Pb, Cu, Ni, Cd, Fe) sur une espèce bio-indicatrice très répondeur dans le barrage et très consommée par la population. L'espèce bio-indicatrice de la pollution dans cette étude est la carpe (*Cyprinus carpio*), un poisson d'eau douce.

Nous avons réalisé un échantillonnage durant la période allant de mars 2008 à février 2009.

Après dissection, nous avons choisi de travailler sur les gonades, les branchies et le filet. Les gonades sont des organes de reproduction. Les branchies reflètent Les concentrations des métaux lourds dans l'eau. Le filet, en raison de son importance pour la consommation humaine.

La minéralisation des échantillons a été effectuée par voie humide, selon la méthode de **MALAIYANDI** et **BARETTE (1970)**. Nous avons dosé les six métaux dans ces organes. Toutes les analyses ont été réalisées dans notre laboratoire par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme (S.A.A).

L'étude des variations des teneurs en métaux lourds dans les différents organes (gonades, branchies, filet) de la carpe a montré que chaque organe accumule les éléments métalliques à des gradients plus ou moins différents, nous pouvons dire que :

- une forte accumulation en zinc par rapport aux autres métaux étudiés est observée.

Les gradients des concentrations sont comme suite :

- **Branchies** : Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd.
- **Gonades** : Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd.
- **Filet** : Zn > Pb > Ni > Fe > Cu > Cd.

Les résultats confirment les différences d'accumulation des métaux lourds dans les différents organes (gonades, branchies, filet) de *Cyprinus carpio*.

Le gradient d'accumulation par organe est comme suit : branchies > gonades > filet

D'après les résultats de l'analyse de variance des concentrations métalliques relevées chez les différents individus, il ya une différence significative de la concentration du Ni dans les gonades et du Cd dans le filet ( $p < 0.05$ ).

Les résultats d'analyse de la variation des contaminants chez les différents âges indiquent que les concentrations du zinc, fer, cuivre dans les gonades des juvéniles sont importantes par rapport aux adultes. Celle du nickel, cadmium et le plomb chez les adultes sont plus élevées que chez les juvéniles.

Dans les branchies, l'accumulation des quatre éléments métalliques (Zn, Pb, Fe, Cd) chez les individus juvéniles de la carpe est supérieure que chez les adultes. Les teneurs en Cu et le Ni sont plus élevés chez les adultes que chez les juvéniles.

Le taux d'accumulation de la majorité des éléments métalliques présent dans le filet est important chez les adultes.

Les résultats de l'analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) pour la totalité des concentrations métalliques obtenus en fonction du facteur «âge » montrent que  $p > 0.05$ , le facteur âge n'est pas considéré dans la contamination métallique dans les organes du *Cyprinus carpio*.

Les résultats de l'accumulation moyenne des différents métaux par les gonades chez les individus de la carpe mâles et femelles indiquent qu'ils présentent le même gradient de concentrations, se résumant comme suite :  $Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd$ . Le taux d'accumulation des différents métaux est élevée chez les mâles que les femelles.

Dans les branchies les concentrations des différents métaux est élevée chez les mâles que les femelles. Les résultats d'accumulation des différents métaux par les branchies indiquent que les mâles et les femelles présentent le même gradient:  $Zn > Fe > Ni > Pb > Cu > Cd$ .

Au niveau du filet, le taux de concentrations du plomb, cuivre, nickel et cadmium sont plus élevés chez les mâles que chez les femelles. Alors que la présence du zinc et fer est relativement plus élevée chez les femelles que les mâles.

Nous constatons que le gradient d'accumulation est :

Mâles :  $Zn > Pb > Ni > Fe > Cu > Cd$ .

Femelles :  $Zn > Ni > Pb > Fe > Cu > Cd$ .

Pour l'analyse de la variance à un facteur «sexe », les résultats indiquent que la bioaccumulation en fonction de sexe n'est significative que dans le cas du cuivre dans les gonades ( $p < 0.05$ ).

En ce qui concerne l'évolution saisonnière, la variabilité des teneurs métalliques est influencée par le taux de présence de chacun des éléments dans le milieu environnant, le mode de pénétration des éléments métalliques et le pouvoir bioconcentreur et bioaccumulateur de chaque organe. Les concentrations des métaux analysés sont plus élevées en printemps et en été qu'en automne et en hiver.

L'analyse statistique (ANOVA1) a montrée que l'accumulation du cadmium présente une différence significative d'une saison à une autre ( $p < 0.05$ ).

Nous constatons que nos résultats se rapprochent de ceux trouvés par **ÖZTURK et al., 2009** dans le barrage Avsar en Turquie. Ils sont élevés par rapport à ceux trouvés par (**RAYMENT et BARRY, 2000, ALAM et al., 2002**) et inférieures à ceux trouvés par (**FEVZI et al., 2006**).

Le suivi mensuel du rapport gonado-somatique pour les individus de la carpe montre des pics en avril et en juin pour les mâles et en mars et en mai pour les femelles. Du mois de juin jusqu'au mois de septembre, les valeurs de RGS diminuent, puis s'élèvent pendant le reste des mois.

D'après un test de student, les différents variables biométriques présentent une différence significative chez les adultes entre les mâles et les femelles ( $p < 0.05$ ).

Cette étude mériterait dans le future un suivi approfondie sur un plan pluridisciplinaire et nous souhaiterons aussi l'étendre pour différents substrats 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 est un poisson présentant toutes les qualités pour être lancée en élevage.



---

## CONCLUSION

Cette étude est proposée pour contribuer à évaluer le degré de contamination métallique dans le barrage de Sidi Abdelli, l'un des plus importants barrages de la wilaya de Tlemcen.

Nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la biodisponibilité des métaux (Zn, Pb, Cu, Ni, Cd, Fe) sur une espèce bio-indicatrice très répondeur dans le barrage et très consommée par la population. L'espèce bio-indicatrice de la pollution dans cette étude est la carpe (*Cyprinus carpio*), un poisson d'eau douce.

Nous avons réalisé un échantillonnage durant la période allant de mars 2008 à février 2009.

Après dissection, nous avons choisi de travailler sur les gonades, les branchies et le filet. Les gonades sont des organes de reproduction. Les branchies reflètent les concentrations des métaux lourds dans l'eau. Le filet, en raison de son importance pour la consommation humaine.

La minéralisation des échantillons a été effectuée par voie humide, selon la méthode de **MALAIYANDI** et **BARETTE (1970)**. Nous avons dosé les six métaux dans ces organes. Toutes les analyses ont été réalisées dans notre laboratoire par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme (S.A.A).

L'étude des variations des teneurs en métaux lourds dans les différents organes (gonades, branchies, filet) de la carpe a montré que chaque organe accumule les éléments métalliques à des gradients plus ou moins différents, nous pouvons dire que :

- une forte accumulation en zinc par rapport aux autres métaux étudiés est observée.

Les gradients des concentrations sont comme suite :

- **Branchies** : Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd.
- **Gonades** : Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd.
- **Filet** : Zn > Pb > Ni > Fe > Cu > Cd.

Les résultats confirment les différences d'accumulation des métaux lourds dans les différents organes (gonades, branchies, filet) de *Cyprinus carpio*.

Le gradient d'accumulation par organe est comme suit : branchies > gonades > filet

D'après les résultats de l'analyse de variance des concentrations métalliques relevées chez les différents individus, il y a une différence significative de la concentration du Ni dans les gonades et du Cd dans le filet ( $p < 0.05$ ).

Les résultats d'analyse de la variation des contaminants chez les différents âges indiquent que les concentrations du zinc, fer, cuivre dans les gonades des juvéniles sont importantes par rapport aux adultes. Celle du nickel, cadmium et le plomb chez les adultes sont plus élevées que chez les juvéniles.

Dans les branchies, l'accumulation des quatre éléments métalliques (Zn, Pb, Fe, Cd) chez les individus juvéniles de la carpe est supérieure que chez les adultes. Les teneurs en Cu et le Ni sont plus élevés chez les adultes que chez les juvéniles.

Le taux d'accumulation de la majorité des éléments métalliques présent dans le filet est important chez les adultes.

Les résultats de l'analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) pour la totalité des concentrations métalliques obtenus en fonction du facteur «âge » montrent que  $p > 0.05$ , le facteur âge n'est pas considéré dans la contamination métallique dans les organes du *Cyprinus carpio*.

Les résultats de l'accumulation moyenne des différents métaux par les gonades chez les individus de la carpe mâles et femelles indiquent qu'ils présentent le même gradient de concentrations, se résumant comme suite :  $Zn > Fe > Pb > Ni > Cu > Cd$ . Le taux d'accumulation des différents métaux est élevée chez les mâles que les femelles.

Dans les branchies les concentrations des différents métaux est élevée chez les mâles que les femelles. Les résultats d'accumulation des différents métaux par les branchies indiquent que les mâles et les femelles présentent le même gradient:  $Zn > Fe > Ni > Pb > Cu > Cd$ .

Au niveau du filet, le taux de concentrations du plomb, cuivre, nickel et cadmium sont plus élevés chez les mâles que chez les femelles. Alors que la présence du zinc et fer est relativement plus élevée chez les femelles que les mâles.

Nous constatons que le gradient d'accumulation est :

Mâles :  $Zn > Pb > Ni > Fe > Cu > Cd$ .

Femelles :  $Zn > Ni > Pb > Fe > Cu > Cd$ .

Pour l'analyse de la variance à un facteur «sexe », les résultats indiquent que la bioaccumulation en fonction de sexe n'est significative que dans le cas du cuivre dans les gonades ( $p < 0.05$ ).



# **Bibliographie**

**ADEYEYE E.I, AKINYUGHA N.J, FESOBI M.E et TENABE V.O., 1996-** Determination of some metals in *Clarias gariepinus* (Cuvier and Valenciennes), *Cyprinus carpio* (L.) and *Oreochromis niloticus* (L.) fishes in a polyculture fresh water pond and their environments, *Aquaculture*, 147,205-214 p.

**ALAM M.G.M, TANAKA A, ALLINSON G, LAURENSEN L.J.B, STAGNITTI F, and SNOW E.T., 2002-** A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotox. Environ. Safe.*, 53: 348–354 p.

**ALLEN-GIL SM et MARTYNOV VG., 1995-** Heavy metals burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. *Sci Total Environ*;160–161:653– 9 p.

**A.N.B.T., 2004-** Agence Nationale des barrages et transfert

**AOYAMA I, INOUE Y et INOUE Y., 1978-** Experimental study on the concentrations process of trace element through a chain from the viewpoint of nutrition ecology. *Water Research*. 12, 831-836 p.

**ARRIGNON J., 1976-** Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 3<sup>ème</sup> Edition, 340 p.

**ARRIGNON J., 1998-** Aménagement piscicole des eaux douces. 589 p.

**ATSDR., 1990-** Toxicological profiles for copper. Agency for toxic substances and disease registry, atlanta, GA: US department of Health and Human Services, Public Health Services.

**BAGNOUL et GAUSSEN H., 1953-** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist., Nat. Toulouse.*, 88 (3-4), 193-239 p.

**BAIZE P et JANIEC S., 1994-** Les éléments traces métalliques dans les sols. Orléans : INRA : 30 p.

**BALON., 1975-** Classification des modes de reproduction des poissons, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 32 : 821- 864 p.

**BARHOUMI S, MESSAOUDI I, DELI T, SAID K, 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.

**BARUTHIO F., 1991-** Toxicologie des éléments trace essentiels. In *Oligoéléments en médecine et en biologie*. Editions médicales internationales : 213-240 p.

**BELAUD A., 1996-** Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive.

**BELHADJ H., 1996-** Evaluation des teneurs en métaux lourds (pb, hg, cd, cu, cr) chez les mollusques (*Mytilus edulis*, *Patella vulgata*) et dans les sédiments de la cote atlantique marocaine. Mémoire d'ingénieur en CQA. Univ de Tlemcen : 1-24 p.

**BIDONE E.D, CASTILHOS Z.C, SANTOS T.J.S, SOUZA T.M.C et LACERDA L.D., 1997-** Fish contamination and human exposure to mercury in Tartarugalzinho River, Northern Amazon, Brazil. A screening approach. *Water Air Soil Pollut.* 97, 9–15 p.

**BILLARD R., 1995-** Les carpes biologie et élevage. Institut National de la recherche Agronomique. INRA, Paris, 376 p.

**BILLARD R., 1997-** Les poissons d'eau douce des rivières de France. Identification, inventaire et répartition des 83 espèces. Edition: Delachaux et Niestlé. 192 p.

**BOE (Boletín Oficial del Estado or Official Gazette), 1991-** Normas microbiológicas, límites de contenido en metales pesados y métodos analíticos para la determinación de metales pesados para los productos de la pesca y de la agricultura (Microbiological standards, limits on heavy metal content, and analytical methods for determining the heavy metal content of fishery and agricultural products). In: BOE, editors. August 2 Order. Madrid, Spain;. 5937– 41 p.

**BOEGLIN M.J.C., 1995-** Formation à la pratique de l'évaluation de l'inventaire des effets environnementaux. Eau : 77 p.

**BOISSET M., 1996-** Plomb, Cadmium et mercure dans l'alimentation: Evaluation et gestion du risque-Technique et documentation. Lavoisier. Paris : 73-130 p.

**BONTOUX J., 1993-** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, Edt. CEBEDOC. 169 p.

**BOUGIS P., 1952-** Recherches biométriques sur le rouget (*Mullus barbatus* L. et *Mullus surmuletus* L.). *Arch. Zool. Exp. Gen.* 89,59-174 p.

**BOUGUERRA M., 1997-** La pollution invisible. Ed presses Universitaires de France; Paris : 204-208-214 p.

**BOURDIAL I., 2000-** La forêt et la faune. Larousse. Paris, 143 p.

**BOUZID S., 2004-** Contribution à l'étude du fonctionnement de la qualité des eaux du Barrage " El Izdihar " de Sidi Abdelli 41 p.

**BRAUNE B.M., 1987-** Mercury accumulation in relation to size and age of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) from the southwestern Bay of Fundy, Canada. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 16, 311–320 p.

**BURGER J, GAINES K.F et GOCHFELD M., 2001b-** Ethnic differences in risk from mercury among Savannah River fishermen. *Risk Anal.* 21, 533–544 p.

**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. J.Zool.* 22, 149–157 p.

-----  
**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 southwestern Turkey, Chemosphere (in press).

**DEVEZ A., 2004-** Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de Doctorat en Science de l'eau. Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts, Montpellier – France. 239 p.

**DOSDAT A, SERVAIS F, METAILLER R, HUELVAN C, DESBRAYERES E., 1996-** Comparaison of nitrogen losses rates from Atlantic Salmon. Aquaculture, 141. 107-127 p.

**D.P.R.H, 2006-** Direction de la Pêche et Ressource Halieutique.

**DUBORGEL M., 1955-** La pêche et les poissons de rivière. S.I., Livre de poche, 375 p.

**DUCHAUFOR P., 1997-** Abrégé de pédologie. 5<sup>ème</sup> édit. Masson.

**DUQUESNES S., 1992-** Bioaccumulation métallique et métallothioneines chez trois espèces de poissons du littoral- Nord pas de calais. Thèse doctorat en biologie et santé. Université des Sciences et technologie de Lille. France : 264 p.

**DURANT J., 1954-** Les sols d'Algérie. Serv. Etude. Sci. Gouv. Gén. Algérie. Pédologie. 2-224 p.

**EASTWOOD S et COUTURE P., 2002-** Seasonal variations in condition and liver metal concentrations of yellow perch (*Perca flavescens*) from a metal-contaminated environment. Aquatic Toxicology 58: 43-56 p.

**EL-HADEF S., 2005-** Contrôle et Inspection du poisson, manuel pedagogique- univ Mentouri constantine. Faculté des Science. Département des Sciences Vétérinaires 45 p.

**EMBERGER., 1955-** Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier 48 p.

**ESTIENNE P et GODAR A., 1970-** "Climatologie" collection 3<sup>ème</sup> édition. 80 p.

**FAGERSTROM T., 1977-** Body weight, metabolic rate and trace substance turnover in animals. Oecologia (Berlin). 29, 99- 104 p.

**FALISSARD B., 1998-** Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie, 2<sup>ème</sup> . Edt. Masson, Paris. 332 p.

**FAO (Food and Agriculture Organization), 1983-** Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, FAO Fishery Circular No. 464. 5-100 p

**FAO/WHO., 1989-** Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium, WHO Technical Report Series No. 505.

**FELIX J et TRISKA J., 1975-** La faune et la flore d'Europe. Ed. Grund. Paris. 342 p.

**FEVZI Y., 2006-** Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment, aquatic plants and tissues of *Cyprinus carpio* from kizilirmak, turkey. Biology Department, Faculty of Science and Arts, Mugla University, 48000 Mugla, Turkey

**FISHER NS, REINFELDER JR., 1995-** The trophic transfer of metals in marine systems. In: Tessier A, Turner DR, editors. Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. London: Wiley. 363–406 p.

**FLEMMING C.A et TREVERS J.T., 1989-** Copper toxicity and Chemistry in the Environment: A Review. Wat. Air Soil Pollut. 44: 143–158 p.

**FONTAIN J., 1993-** Pollution atmosphérique. La recherche n° 253. Société d'éditions scientifique. Paris : 400-408 p.

**FRANCA S, VINAGRE C, CACADOR I et CABRAL H.N., 2005-** Heavy metal concentrations in sediment, benthic invertebrates and fish in three salt marsh areas subjected to different pollution loads in the Tagus Estuary (Portugal). Baseline/ Marine Pollution Bulletin 50: 993 1018 p.

**FRANK C., 1992-** Toxicologie, donnée générales procédures d'évaluation, organe cible, évaluation du risque. Edition Masson. Paris : 237-240 p.

**GAUJOUS D., 1995-** La pollution des milieux aquatiques, Aide mémoire. Edt. Technique et documentation- Lavoisier. Paris: 220 p.

**GROUSSET F et DONARD O., 1989-** Des métaux lourds dans les sédiments. Le courrier du CNRS, N°12, dossiers scientifiques : 35-36 p.

**GUILLAUME J, KAUSHIK S, BERGOT P et METAILLER R., 2001-** Nutrition and Feding of Fish and Crustaceans, Springer, Praxis Publishing, United Kingdom.

**GUTHRIE F.E et PERRY J., 1980-** Introduction to environmental toxicology. Black Well. Scientific publications : 484 p.

**HAMZA CHERIF S., 2002-** Contribution à l'étude d'impact du barrage de Sidi Abdelli sur l'environnement. Mémoire d'ingéniorat d'état en écologie et environnement. Univ. Tlemcen 72 p.

**HARDESEN S et WRATTEN S.D., 1998-** The effect of carbaryl exposure of the penultimate larval instars of *Xathocnemis zealandica* on emergence and fluctuating asymmetry. Ecotoxicology 7: 297-304 p.

**HEATH A.G., 1987-** Water pollution and fish physiology. CRC Press, Florida, USA.

**HOUOT O et TARALLO P., 1991-** Le cuivre dans les oligoéléments en médecine et en biologie. Editions médicales internationales. 459 - 470 p.

**IAEA., 2003-** International Atomic Energy Agency. Trace elements and methylmercury in fish tissue. 407 p.

**IFREMER., 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 p.

**INRA, 1995**- Les micropolluants métalliques dans les boues résiduaire des stations d'épuration urbaines, Institut de la recherche Agronomique. France.

**İSMAIL S, TEKIN-ÖZANL et MURAT B., 2006**- Heavy metal concentrations in organs of rudd, *Scardinius erythrophthalmus* L., 1758 Populating lake Karatas-Turkey.

**JACKSON P B N, MARSHAL B E et PAUGY D., 1988**- Fish communities in man-made lake In: Biology and ecology of African freshwater fishes Lévêque C Burton M.N and Ssentengo G V (éditeurs) Paris ORSTOM 216, 325-350 p.

**KADIK B., 1987**- Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepinis* Mili) en Algérie écologie, dendrométrie, morphologie. O P U. Alger, 314 p.

**KARADEDE H et UNLU E., 2000**- Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from The Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere, 41, 1371-1376 p.

**KARADEDE H, OYMAK S.A et UNLU E., 2004**- Heavy metals in mullet, *Liza abu* and catfish, *Silurus triostegus*, from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Environ. Int. 30, 183–188 p.

**KARGIN F, DÖNMEZ A et ÇOGUN H.Y., 2001**- Distribution of Heavy Metals in Different Tissues of the Shrimp *Penaeus semleulatus* and *Metapenaeus monoeris* from the Iskenderun Gulf, Turkey: Seasonal Variations. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 66: 102-109 p.

**KARTAS F et QUIGNARD J.P., 1984**- La fécondité des poissons téléostéens. Coll. Biol. Milieux marins, Masson éd., Paris, 121 p.

**KELLY M., 1988**- Mining and the freshwater environment. Elsevier, London.

**KEMMER F.N., 1984**- Manuel de l'eau. Edt. Technique et documentation- Lavoisier. 930 p.

**KHELIL M.A., 1994**- Travaux pratiques de biologie Animale. Ed. O. P. U. Paris, 65 p.

**KUCUKBAY F et ÖRUN I., 2003**- Copper and zinc accumulation in tissues of the freshwater fish *Cyprinus carpio* L.1758 collected from the Karakaya Dam Lake, Malatya (Turkey). Fres en. Environ. Bull. 12 (1), 62-66 p.

**LACERDA L.D, BIDONE E.D, GIUMARAES A.F et PFEIFFER W.C., 1994**- Mercury concentrations in fish from the Itacaiunas-Parauapebas River system, Carajas region. Amazon Ann. Acad. Bras. Sci. 66, 373–379 p.



**MENDIL D, ULUOZLU O.D, HASDEMIR E, TUZEN M, SARI H et SUICMEZ M., 2005-** Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. *Food Chem.* 90, 175–179 p.

**Ministère Fédéral Allemand de la Coopération Economique et du Développement., 1995-** « Rapport technique ».

**MIQUEL M., 2001-** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'Evaluation des choix Scientifiques et Technologiques (O.P.E.C.S.T). France : 40 p.

**MUUS et DAHLSTROM., 1991-** Guide des poissons d'eau douce et pêche. Edition originale : Europas Ferksvandsfisk. 220 p.

**NAS/NRC., 1989-** Recommended dietary allowances, National Academy of Science/National Research Council, Washington.

**OMS-IPCS., 1998-** Environmental Health Criteria n°200: copper, World Health Organisation, International Programme on chemical safety.

**ÖZTURK M, ÖZOZEN G, MINARECI O, MINARECI E., 2009-** Determination of heavy metals in of fishes, water and sediment from the avsar Dam Lake (Turkey). *J. Environ. Health. Sci. Eng., 2009, Vol. 6, No. 2:* 73–80 p.

**PATRIC F. M et LOUITIT M., 1978-** Passage of metals to freshwater fish from their food. *Water Res.* 12, 395-398 p.

**PAUGY D et LEVEQUE C., 1999-** La reproduction In: Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme (Lévêque C and Paugy D éditeurs) Edition IRD Paris 129-151 p.

**P.D.AU., 1997-** Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme du groupement. Béni Saf. Emir AEK. Sid Safi : 98 p.

**PHILLIPS G.R, LENHART T.E et GREGORY R.W., 1980-** Relations between trophic position and mercury accumulation among fishes from the Tongue River Reservoir, Montana. *Environ. Res.* 22, 73–80 p.

**PIERRE P.G., 2000-** Zoologie Vertébrés (3<sup>e</sup> édition). 198 p.

**PNUE / AIEA., 1985-** Determination of total cadmium in variance sédiment by flameless atomie absorption spectrophotometry. Rev.régional sears reference method for pollution studies n° 24.

**PROSI F., 1981-** Heavy metals in aquatic organisms. In: Förstner, U. and Wittmann, G. T. W. (Eds.) Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, Berlin.

**RASHED M.N., 2001-** Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment International*, 27: 27–33 p.



**Annexe**

## Annexe A1 : Concentrations métalliques dans les gonades

Tableau IV-2-b: Concentrations en plomb (mg/kg) dans les gonades des individus pêchés

Pb	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	5,07	3,22	9,58	3,63	7,08	4,05	7,55	6,19	4,47	8,58
	E <sub>2</sub>	<b>1,63</b>	7,63	8,73	-	-	-	5,41	7,14	-	-
	E <sub>3</sub>	6,54	-	-	-	-	-	8,18	5,61	-	-
	E <sub>4</sub>	<b>9,75</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	8,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	<b>5,21</b>	-	7,28	8,71	7,99	9,03	7,52	-	-	-
	E <sub>7</sub>	6,04	-	-	<b>9,55</b>	9,51	7,73	8,02	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	7,58	7,88	6,85	7,78	8,28	9,64	9,03	5,17	<b>0,73</b>	-
	E <sub>9</sub>	-	7,94	8,88	9,09	<b>9,67</b>	8,51	7,57	6,45	8,50	-
	E <sub>10</sub>	-	7,08	7,62	9,11	9,06	8,31	-	-	5,72	-
	E <sub>11</sub>	-	8,51	-	6,33	-	-	-	-	3,78	-
	E <sub>12</sub>	-	9,08	-	9,12	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	6,96	5,79	6,99	7,12	6,78	-	7,48	6,69	8,01	6,71
	E <sub>14</sub>	-	-	<b>2,53</b>	-	6,79	-	-	5,08	5,09	7,12
	E <sub>15</sub>	-	-	7,36	-	6,46	-	-	5,42	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	5,90	-	-	8,32	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	<b>9,25</b>	-	-

Tableau IV-2-c: Concentrations en cuivre (mg/kg) dans les gonades des individus pêchés

Cu	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	<b>5,06</b>	5,09	5,11	5,25	5,31	5,25	5,16	5,23	5,29	5,26
	E <sub>2</sub>	5,15	5,18	5,13	-	-	-	5,14	<b>5,34</b>	-	-
	E <sub>3</sub>	5,20	-	-	-	-	-	5,18	5,31	-	-
	E <sub>4</sub>	5,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	5,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	5,24	-	5,21	5,20	5,20	5,20	<b>5,04</b>	-	-	-
	E <sub>7</sub>	5,24	-	-	5,28	5,24	<b>5,29</b>	5,20	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	5,26	5,10	5,14	5,28	5,32	5,29	5,20	5,30	5,30	-
	E <sub>9</sub>	-	5,18	5,27	5,23	5,17	5,17	<b>5,12</b>	5,31	5,30	-
	E <sub>10</sub>	-	5,21	5,16	5,26	5,22	5,19	-	-	5,27	-
	E <sub>11</sub>	-	5,28	-	5,23	-	-	-	-	<b>5,34</b>	-
	E <sub>12</sub>	-	5,14	-	5,28	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	5,17	5,19	<b>5,13</b>	5,27	5,24	-	5,18	5,30	5,33	5,24
	E <sub>14</sub>	-	-	5,28	-	5,23	-	-	5,33	5,32	5,30
	E <sub>15</sub>	-	-	5,18	-	5,33	-	-	<b>5,34</b>	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	5,16	-	-	5,30	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	5,32	-	-

Tableau IV-2-d: Concentrations en fer (mg/kg) dans les gonades des individus pêchés

Fe	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	<b>1,36</b>	10,26	8,51	7,29	4,99	10,18	14,64	27,16	8,44	3,67
	E <sub>2</sub>	12,68	12,39	6,49	-	-	-	<b>19,53</b>	11,69	-	-
	E <sub>3</sub>	10,04	-	-	-	-	-	17,90	10,96	-	-
	E <sub>4</sub>	17,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	16,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	6,38	-	<b>5,81</b>	9,20	6,68	11,21	15,92	-	-	-
	E <sub>7</sub>	8,58	-	-	9,74	<b>38,11</b>	12,17	19,28	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	23,81	12,67	9,23	11,81	10,73	14,44	11,58	23,20	16,78	-
	E <sub>9</sub>	-	<b>26,23</b>	<b>7,72</b>	7,77	<b>0,23</b>	16,70	19,46	9,98	10,83	-
	E <sub>10</sub>	-	7,41	10,01	7,86	10,76	18,29	-	-	20,47	-
	E <sub>11</sub>	-	14,28	-	21,70	-	-	-	-	8,94	-
	E <sub>12</sub>	-	13,99	-	8,41	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	7,53	6,81	12,22	<b>3,46</b>	9,64	-	12,11	19,12	7,70	7,29
	E <sub>14</sub>	-	-	8,25	-	7,23	-	-	11,05	9,11	<b>47,72</b>
	E <sub>15</sub>	-	-	9,59	-	16,39	-	-	9,17	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	37,97	-	-	15,41	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	14,10	-	-

Tableau IV-2-e: Concentrations en nickel (mg/kg) dans les gonades des individus pêché

Ni	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	7,02	6,96	7,04	5,42	5,82	6,78	7,86	6,70	8,31	5,40
	E <sub>2</sub>	6,35	7,93	7,20	-	-	-	5,84	9,20	-	-
	E <sub>3</sub>	6,58	-	-	-	-	-	<b>4,38</b>	<b>9,38</b>	-	-
	E <sub>4</sub>	6,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	6,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	<b>7,56</b>	-	6,44	6,24	<b>3,13</b>	7,03	6,56	-	-	-
	E <sub>7</sub>	6,83	-	-	6,08	6,99	5,12	5,98	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	7,12	5,89	6,54	<b>5,42</b>	7,49	7,51	5,64	<b>9,43</b>	8,19	-
	E <sub>9</sub>	-	7,16	6,39	5,63	6,27	6,53	6,61	8,82	8,71	-
	E <sub>10</sub>	-	7,39	7,00	6,36	6,34	5,33	-	-	9,42	-
	E <sub>11</sub>	-	7,08	-	6,02	-	-	-	-	8,88	-
	E <sub>12</sub>	-	7,78	-	5,92	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	6,35	8,00	7,16	6,04	5,86	-	6,05	5,72	8,06	<b>5,40</b>
	E <sub>14</sub>	-	-	6,49	-	6,97	-	-	8,47	8,78	6,73
	E <sub>15</sub>	-	-	7,10	-	4,72	-	-	9,00	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	7,46	-	-	<b>9,56</b>	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	8,44	-	-

Tableau IV-2-f : Concentrations en cadmium (mg/kg) dans les gonades des individus pêché

Cd	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	0,00	5,03	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,82
	E <sub>2</sub>	0,00	5,31	3,68	-	-	-	0,00	2,99	-	-
	E <sub>3</sub>	0,00	-	-	-	-	-	0,00	7,85	-	-
	E <sub>4</sub>	5,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	3,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	0,00	-	3,79	0,00	3,72	3,98	1,96	-	-	-
	E <sub>7</sub>	0,00	-	-	6,58	0,00	0,00	0,00	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	5,02	5,50	0,00	6,30	3,28	5,80	0,00	4,50	0,00	-
	E <sub>9</sub>	-	6,40	6,50	0,76	0,00	6,24	1,21	1,36	0,00	-
	E <sub>10</sub>	-	1,57	5,97	0,00	6,21	5,22	-	-	0,00	-
	E <sub>11</sub>	-	0,63	-	0,94	-	-	-	-	0,00	-
	E <sub>12</sub>	-	0,00	-	7,30	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	0,00	3,36	4,86	7,15	0,00	-	0,00	4,08	0,00	3,59
	E <sub>14</sub>	-	-	9,56	-	0,00	-	-	10,05	0,00	0,00
	E <sub>15</sub>	-	-	2,83	-	0,00	-	-	7,52	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	0,00	-	-	1,72	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-

## Annexe A2 : Concentrations métalliques dans les branchies

Tableau IV-3-b: Concentrations en plomb (mg/kg) dans les branchies des individus pêchés

Pb	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	2,50	2,14	3,06	7,03	5,68	8,28	5,11	11,42	9,67	11,80
	E <sub>2</sub>	0,48	1,18	2,22	-	-	-	11,53	5,49	-	-
	E <sub>3</sub>	1,67	-	-	-	-	-	11,48	10,36	-	-
	E <sub>4</sub>	2,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	2,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	2,41	-	5,17	3,91	4,58	6,58	3,22	-	-	-
	E <sub>7</sub>	3,64	-	-	2,93	5,53	4,21	7,17	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	2,14	5,72	3,72	0,66	1,56	6,43	8,28	8,38	9,95	-
	E <sub>9</sub>	-	7,13	0,82	2,48	6,69	3,87	9,93	9,44	9,38	-
	E <sub>10</sub>	-	1,11	2,06	2,82	5,38	5,30	-	-	8,40	-
	E <sub>11</sub>	-	3,80	-	2,85	-	-	-	-	9,19	-
	E <sub>12</sub>	-	4,37	-	3,38	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	2,48	3,99	0,60	1,37	3,47	-	9,29	4,39	8,10	9,93
	E <sub>14</sub>	-	-	1,02	-	2,32	-	-	10,49	9,09	8,14
	E <sub>15</sub>	-	-	4,23	-	5,45	-	-	10,61	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	8,96	-	-	10,56	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	10,44	-	-

Tableau IV-3-c: Concentrations en cuivre (mg/kg) dans les branchies des individus pêchés

Cu	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	<b>5,08</b>	5,25	5,23	5,27	5,23	5,27	5,23	5,30	5,24	5,33
	E <sub>2</sub>	5,26	5,31	5,25	-	-	-	<b>5,35</b>	5,21	-	-
	E <sub>3</sub>	5,16	-	-	-	-	-	5,28	5,27	-	-
	E <sub>4</sub>	5,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	5,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	5,20	-	5,25	5,26	5,16	<b>5,31</b>	<b>5,11</b>	-	-	-
	E <sub>7</sub>	5,28	-	-	5,26	5,26	5,26	5,16	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	<b>5,16</b>	5,21	5,27	5,31	5,28	5,27	5,24	5,24	5,22	-
	E <sub>9</sub>	-	5,28	5,25	5,26	5,34	5,34	5,26	5,28	5,17	-
	E <sub>10</sub>	-	5,26	5,30	5,32	5,19	5,24	-	-	<b>5,39</b>	-
	E <sub>11</sub>	-	5,26	-	5,21	-	-	-	-	5,31	-
	E <sub>12</sub>	-	5,21	-	5,32	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	5,20	5,25	5,24	5,22	5,17	-	5,22	5,22	5,36	5,28
	E <sub>14</sub>	-	-	5,29	-	5,29	-	-	5,21	5,33	5,33
	E <sub>15</sub>	-	-	5,18	-	5,25	-	-	5,31	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	5,24	-	-	5,26	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	5,25	-	-

Tableau IV-3-d: Concentrations en fer (mg/kg) dans les branchies des individus pêchés

Fe	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	<b>6,84</b>	21,98	23,51	27,15	8,10	15,52	6,21	8,61	25,81	29,05
	E <sub>2</sub>	14,75	13,14	15,73	-	-	-	8,06	<b>42,38</b>	-	-
	E <sub>3</sub>	12,62	-	-	-	-	-	21,16	26,13	-	-
	E <sub>4</sub>	18,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	24,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	19,90	-	16,25	29,03	18,33	8,47	7,05	-	-	-
	E <sub>7</sub>	<b>27,59</b>	-	-	26,34	13,46	19,08	<b>6,96</b>	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	16,90	19,98	14,54	16,87	7,12	15,29	11,82	29,41	<b>43,03</b>	-
	E <sub>9</sub>	-	18,17	17,60	27,35	19,25	12,73	14,23	18,32	18,43	-
	E <sub>10</sub>	-	22,33	21,61	2,73	<b>5,03</b>	4,23	-	-	15,67	-
	E <sub>11</sub>	-	22,31	-	11,74	-	-	-	-	28,00	-
	E <sub>12</sub>	-	22,90	-	23,89	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	<b>0,00</b>	4,62	23,46	26,97	15,14	-	26,23	43,25	19,45	<b>73,15</b>
	E <sub>14</sub>	-	-	23,92	-	19,25	-	-	55,62	20,03	21,46
	E <sub>15</sub>	-	-	13,35	-	5,90	-	-	31,03	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	11,98	-	-	45,14	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	29,70	-	-

Tableau IV-3-e: Concentrations en nickel (mg/kg) dans les branchies des individus pêchés

Ni	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	7,02	6,96	7,04	5,42	4,64	5,21	<b>3,28</b>	4,58	5,70	0,00
	E <sub>2</sub>	6,35	<b>7,93</b>	7,20	-	-	-	5,02	5,16	-	-
	E <sub>3</sub>	6,58	-	-	-	-	-	4,79	4,07	-	-
	E <sub>4</sub>	6,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	6,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	<b>7,56</b>	-	6,44	6,24	4,65	4,06	<b>3,12</b>	-	-	-
	E <sub>7</sub>	6,83	-	-	6,08	5,26	5,10	5,16	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	7,12	5,89	6,54	5,42	5,31	5,96	4,64	5,37	5,44	-
	E <sub>9</sub>	-	7,16	6,39	5,63	5,70	<b>4,11</b>	5,20	5,40	4,64	-
	E <sub>10</sub>	-	7,39	7,00	6,36	6,19	5,00	-	-	4,68	-
	E <sub>11</sub>	-	7,08	-	6,02	-	-	-	-	5,16	-
	E <sub>12</sub>	-	<b>7,78</b>	-	5,92	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	6,35	<b>8,00</b>	7,16	6,04	5,95	-	5,35	4,62	4,88	<b>0,00</b>
	E <sub>14</sub>	-	-	6,49	-	4,98	-	-	4,10	3,29	<b>0,00</b>
	E <sub>15</sub>	-	-	7,10	-	5,82	-	-	4,60	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	4,53	-	-	5,04	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	5,61	-	-

Tableau IV-3-f: Concentrations en cadmium (mg/kg) dans les branchies des individus pêchés

Cd	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	3,62	1,74	1,78	3,57	<b>6,14</b>	1,30	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,23	<b>0,00</b>
	E <sub>2</sub>	5,02	1,11	<b>0,00</b>	-	-	-	<b>0,00</b>	2,05	-	-
	E <sub>3</sub>	3,49	-	-	-	-	-	1,13	<b>0,00</b>	-	-
	E <sub>4</sub>	3,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	<b>0,00</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	<b>0,00</b>	-	4,62	2,10	4,32	5,21	2,56	-	-	-
	E <sub>7</sub>	<b>0,00</b>	-	-	<b>5,32</b>	6,84	0,18	<b>0,00</b>	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	<b>5,70</b>	2,51	<b>0,00</b>	2,73	3,45	3,83	<b>0,00</b>	2,28	0,14	-
	E <sub>9</sub>	-	4,86	5,07	2,66	3,66	3,94	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,80	-
	E <sub>10</sub>	-	0,95	0,34	4,88	3,01	4,26	-	-	0,12	-
	E <sub>11</sub>	-	0,34	-	1,86	-	-	-	-	0,12	-
	E <sub>12</sub>	-	3,69	-	3,55	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	7,03	3,47	1,04	6,82	5,10	-	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	2,91	<b>0,00</b>
	E <sub>14</sub>	-	-	7,40	-	<b>8,21</b>	-	-	<b>0,00</b>	2,38	1,73
	E <sub>15</sub>	-	-	0,94	-	1,94	-	-	<b>0,00</b>	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	6,84	-	-	3,58	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	3,74	-	-

## Annexe A3 : Concentrations métalliques dans le filet

Tableau IV-4-b: Concentrations en plomb (mg/kg) dans le filet des individus pêchés

Pb	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	9,56	9,88	9,40	9,29	6,67	7,08	6,53	2,52	6,56	7,42
	E <sub>2</sub>	<b>10,21</b>	9,38	5,06	-	-	-	5,76	7,95	-	-
	E <sub>3</sub>	9,86	-	-	-	-	-	<b>2,05</b>	5,42	-	-
	E <sub>4</sub>	8,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	2,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	9,67	-	8,18	6,01	9,21	5,52	<b>3,37</b>	-	-	-
	E <sub>7</sub>	<b>10,54</b>	-	-	7,45	9,60	6,68	6,08	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	8,82	9,22	9,00	8,22	8,06	5,83	6,58	8,82	7,31	-
	E <sub>9</sub>	-	9,24	9,94	6,46	9,69	<b>9,71</b>	7,23	<b>5,75</b>	6,19	-
	E <sub>10</sub>	-	8,26	9,21	7,80	7,34	7,52	-	-	7,36	-
	E <sub>11</sub>	-	7,24	-	6,60	-	-	-	-	6,42	-
	E <sub>12</sub>	-	8,97	-	6,94	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	8,87	7,14	9,78	<b>9,92</b>	8,53	-	7,40	8,74	5,87	<b>1,61</b>
	E <sub>14</sub>	-	-	6,50	-	3,07	-	-	5,66	7,85	6,49
	E <sub>15</sub>	-	-	7,37	-	7,52	-	-	6,80	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	7,67	-	-	7,20	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	6,21	-	-

Tableau IV-4-c: Concentrations en cuivre (mg/kg) dans le filet des individus pêchés

Cu	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	<b>5,08</b>	5,36	5,26	5,26	5,21	5,23	5,19	5,40	5,31	5,37
	E <sub>2</sub>	5,15	5,38	5,17	-	-	-	5,14	5,46	-	-
	E <sub>3</sub>	5,25	-	-	-	-	-	5,30	<b>5,49</b>	-	-
	E <sub>4</sub>	5,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	5,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	5,15	-	5,25	5,38	<b>5,08</b>	5,23	5,36	-	-	-
	E <sub>7</sub>	5,12	-	-	5,21	<b>5,42</b>	5,22	5,39	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	5,27	5,28	5,23	5,31	5,26	5,21	5,20	5,41	5,23	-
	E <sub>9</sub>	-	5,25	5,16	5,32	5,26	<b>5,17</b>	<b>5,42</b>	5,27	5,26	-
	E <sub>10</sub>	-	5,37	5,34	5,37	5,23	5,22	-	-	5,18	-
	E <sub>11</sub>	-	5,26	-	5,40	-	-	-	-	5,21	-
	E <sub>12</sub>	-	5,23	-	5,34	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	5,30	5,29	5,28	5,27	5,17	-	5,37	5,25	5,33	5,31
	E <sub>14</sub>	-	-	5,23	-	5,23	-	-	<b>5,47</b>	<b>5,09</b>	5,33
	E <sub>15</sub>	-	-	5,23	-	5,39	-	-	5,46	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	5,27	-	-	5,43	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	5,43	-	-



Tableau IV-4-d: Concentrations en fer (mg/kg) dans le filet des individus pêchés

Fe	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	7,03	4,55	9,90	6,45	6,91	<b>1,63</b>	1,76	5,20	5,63	6,48
	E <sub>2</sub>	10,28	<b>16,47</b>	8,78	-	-	-	6,16	5,01	-	-
	E <sub>3</sub>	10,96	-	-	-	-	-	5,99	7,19	-	-
	E <sub>4</sub>	12,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	11,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	<b>9,69</b>	-	7,60	6,31	6,93	4,47	6,12	-	-	-
	E <sub>7</sub>	6,73	-	-	6,52	<b>0,33</b>	6,35	6,66	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	9,93	7,97	2,67	5,62	6,30	7,29	6,03	7,71	4,82	-
	E <sub>9</sub>	-	<b>10,26</b>	6,81	7,16	6,08	4,46	5,74	5,17	6,86	-
	E <sub>10</sub>	-	10,04	7,98	7,55	6,60	1,52	-	-	6,50	-
	E <sub>11</sub>	-	9,36	-	7,46	-	-	-	-	<b>1,22</b>	-
	E <sub>12</sub>	-	9,45	-	6,76	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	10,29	<b>11,19</b>	8,20	7,69	6,39	-	6,46	7,71	5,25	4,56
	E <sub>14</sub>	-	-	8,63	-	6,08	-	-	6,83	7,25	5,74
	E <sub>15</sub>	-	-	10,15	-	7,98	-	-	6,81	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	5,62	-	-	6,87	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,51</b>	-	-

Tableau IV-4-e: Concentrations en nickel (mg/kg) dans le filet des individus pêchés

Ni	Echant	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
FA	E <sub>1</sub>	5,22	6,85	<b>8,42</b>	6,70	7,12	8,65	7,12	7,25	8,56	5,13
	E <sub>2</sub>	3,76	7,95	7,64	-	-	-	8,14	7,90	-	-
	E <sub>3</sub>	<b>2,31</b>	-	-	-	-	-	6,68	6,13	-	-
	E <sub>4</sub>	7,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E <sub>5</sub>	7,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FJ	E <sub>6</sub>	7,39	-	9,56	<b>11,01</b>	7,28	8,74	9,15	-	-	-
	E <sub>7</sub>	6,86	-	-	10,81	7,12	8,59	<b>6,85</b>	-	-	-
MA	E <sub>8</sub>	<b>1,40</b>	6,83	7,84	10,24	7,71	9,28	8,23	6,74	7,70	-
	E <sub>9</sub>	-	6,15	9,10	<b>10,78</b>	7,37	7,95	7,26	7,23	5,83	-
	E <sub>10</sub>	-	5,75	9,58	9,93	7,09	7,57	-	-	6,92	-
	E <sub>11</sub>	-	6,98	-	8,84	-	-	-	-	6,86	-
	E <sub>12</sub>	-	8,48	-	8,57	-	-	-	-	-	-
MJ	E <sub>13</sub>	<b>2,84</b>	8,46	8,99	<b>10,71</b>	6,14	-	5,93	8,16	7,68	5,85
	E <sub>14</sub>	-	-	9,47	-	6,57	-	-	7,60	7,00	6,49
	E <sub>15</sub>	-	-	8,49	-	5,90	-	-	8,41	-	-
	E <sub>16</sub>	-	-	-	-	6,30	-	-	7,67	-	-
	E <sub>17</sub>	-	-	-	-	-	-	-	6,38	-	-



**Opération de trait de pêche Mars 2007 (D.P.R.H)**



**Carpe argentée**



**Carpe commune**



**Moule d'eau douce**



**Anguille**