

BURKINA FASO  
\*\_\*\*\_\*\*\_\*\*\_\*  
UNITE- PROGRES- JUSTICE  
\*\_\*\*\_\*\*\_\*\*\_\*  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR,  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE L'INOVIATION (MERSI)  
\*\_\*\*\_\*\*\_\*\*\_\*  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO (UPB)  
\*\_\*\*\_\*\*\_\*\*\_\*  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR DE CONCEPTION EN VULGARISATION AGRICOLE

THEME :

ÉVALUATION DE LA TENEUR EN MÉTAUX LOURDS, DANS LES  
TISSUS DU TLAPIA DU NIL (*Oreochromis niloticus*) ET DU POISSON  
CHAT AFRICAIN (*Clarias Sp.*) D'EAU DOUCE DU  
BURKINA FASO

Présenté par : Adam OUEDRAOGO

Maitre de stage

Dr Nessay Désiré COULIBALY

Directeur de mémoire

Pr Aboubacar TOGUYENI

N°.....2016/ VA

## Table de matière

DEDICACE .....	iii
REMERCIEMENTS .....	iv
SIGLE ET ABREVIATION .....	vi
TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	vii
RESUME .....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCTION.....	8
I- GENERALITES SUR LA POLLUTION .....	11
1.1. La pollution.....	11
1.2. Les Formes de pollution .....	12
1.3. Les types de polluants .....	13
II-GENERALITE SUR LES METAUX LOURDS .....	14
2.1-définition des métaux lourds .....	14
2.2-sources de contamination de quelques métaux lourds ainsi que leurs effets sur la sante .....	14
2.2.1. L'arsenic (As).....	14
2.2.1. 1. Sources .....	14
2.2.1.2. Effets sur la santé .....	15
2.2.1.3. Seuil à risque.....	15
2.2.2. Le cadmium (Cd).....	15
2.2.2.1. Sources .....	15
2.2.2.2. Effets sur la santé .....	16
2.2.2.3. Seuil à risque.....	16
2.2.3. Le chrome (Cr) .....	16
2.2.3.1. Source du chrome.....	16
2.2.3.2. Effets sur la santé .....	17
2.2.3.3. Seuil à risque.....	17
2.2.4. Le mercure (Hg) .....	17
2.2.4.1. Source.....	17
2.2.4.2. Effets sur la santé .....	18
2.2.4.3. Seuil à risque.....	18
2.2.5. Le plomb (Pb).....	19
2.2.5.1. Source.....	19
2.2.5.2. Effets sur la santé .....	19
2.2.5.3. Seuil à risque.....	20

2.3-Pollution par les métaux lourds .....	20
2.3.1. Contamination des sols .....	20
2.3.2. Contamination de l'air .....	21
2.3.3. Contamination de l'eau .....	21
2.3.4 Contamination de l'homme .....	22
2.3.4.1. Absorption par voie respiratoire .....	23
2.3.4.2. Absorption par voie orale .....	23
DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE .....	25
I. GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE .....	26
II-SITE DE L'ETUDE .....	27
2.1-barrages de Boussouma.....	27
2.2. Le barrage de Nagbangré .....	29
III- MATERIELS .....	30
3.1. Matériels biologiques .....	30
3.1.1 Le poisson chat Africain ( <i>Clarias spp.</i> ).....	30
3.1.2 Le Tilapia du Nil ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	31
3.2. Matériels techniques .....	33
3.2.1. Matériels de pesée .....	33
3.2.2. Matériels de mesure de longueur.....	33
3.2.3 Le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (FAAS) .....	34
3.2.4. Autres matériels techniques .....	36
3.2.4.1. Le mortier en porcelaine.....	36
3.2.4.2. Un GPS.....	37
3.3. Fiches d'enquête .....	37
IV-Méthodologie.....	37
4 .1- Collecte des informations.....	37
4.2-Collecte et conservation des échantillons de tissus .....	39
4.3-Traitement des échantillons.....	39
4.3.1. Préparation des échantillons.....	39
4.3.2. Dosage des teneurs en métaux lourds .....	40
4.4. Analyse statistique .....	40
V : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	41
5.1 .Résultats .....	41
5.1.1 Enquête au niveau des producteurs .....	41
5.1.2. Teneur en métaux lourds dans les organes (foie et muscle) des poissons du barrage de Nagbangré.....	41

5.1.2.1. Teneur en métaux lourds chez les poissons chat Africain .....	41
5.1.2.2. Teneur en métaux lourds chez le Tilapia du Nil .....	43
5.1.3. Teneur des métaux lourds dans les organes (foie et muscle) des poissons du barrage de Boussouma.....	45
5.1.3.1. Concentration des métaux lourds dans les organes (foie et muscle) poisson chat Africain s du barrage de Boussouma .....	45
5.1.3.2. Concentration des métaux lourds dans les Tilapia du Nil s du barrage de Boussouma.....	47
5.1.4. Résultats comparatifs.....	49
5.2. DISCUSSION.....	51
CONCLUSION/RECOMMADATION .....	54
BIBLIOGRAPHIE .....	56
ANNEXE.....	MMM

## DEDICACE

### JE DÉDIE CE MÉMOIRE À :

- A mon père Abdoulaye M. OUEDRAOGO, in memoriam
- Ma très chère mère Abibata BARRY, qui ne se lasse de prier pour moi afin, que Dieu guide mes pas et préserve de tout mal ;
- Mon épouse Estelle Tani, nos enfants Tania et Lauria, qui ont été de très précieux soutien pour moi pendant ces trois années de formation.

## REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord **DIEU TOUT PUISSANT** qui m'a permis de réaliser ce travail.

Nous voudrions traduire notre reconnaissance à tous ceux qui, par leurs contributions diverses ont permis la concrétisation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent plus particulièrement :

- ✓ au Corps professoral de l'IDR et plus spécifiquement à Monsieur le Directeur, le Docteur Bernard BACYE pour les sacrifices consentis afin de nous inculquer le savoir,
- ✓ à notre directeur de mémoire Professeur Aboubacar TOGUYENI, pour sa constante disponibilité malgré ses multiples occupations. Grâce à son encadrement de proximité, ce projet devient enfin une réalité. Sans cet inestimable soutien, ce travail n'aurait pas abouti. Recevez cher Professeur, l'expression de notre profonde gratitude,
- ✓ à notre maître de stage, Docteur Nessim Désiré COULIBALY, pour la confiance accordée à notre personne, pour ses précieux conseils, sa disponibilité, ses conseils pratiques et ses soins apportés à notre document. Soyez-en énormément remercié,
- ✓ à monsieur ZERBO Henri Directeur Général des Ressources Halieutiques pour le soutien apporté à notre travail,
- ✓ au personnel de la Direction Général des Ressources Halieutiques pour leur collaboration,
- ✓ à Monsieur ZANGRE Cyprien qui nous a servi de guide durant mes sorties terrains,
- ✓ à Monsieur ADOUABOU Basile qui a été d'un précieux soutien dans le traitement du système d'information géographique (SIG),
- ✓ à Monsieur ZONGO Karim agent de la DGRH, pour ses conseils techniques lors de la collecte des données,
- ✓ à Monsieur CONGO Emmanuel maraicher à Koubri qui a contribué au bon déroulement des enquêtes auprès des producteurs maraîchers et des pêcheurs,
- ✓ aux Messieurs BAZIE Raoul et SAKO Abdoulaye; tous techniciens Supérieurs de Laboratoire pour les analyses chimiques des échantillons,
- ✓ Monsieur Moussa KOMBOEGO, pour sa disponibilité permanente et ses conseils dans les traitements statistiques des résultats,
- ✓ Monsieur SOW Brahim ; pour son aide dans l'analyse statistique des résultats,

- ✓ à Monsieur S. Stéphane Romaric KABORE, chargé de normalisation BTP & Electronique à l'Agence Burkinabé de Normalisation, de la Métrologie et de la Qualité ; pour son aide à l'accès des normes limitatifs des métaux lourds dans le poisson,
- ✓ à Monsieur Athanance COMPAORE ; ex maire de la commune rurale de Koubri pour son aide précieux,
- ✓ aux exploitants maraichers de la commune rurale de Koubri pour leur disponibilité pendant les enquêtes terrains,
- ✓ aux pêcheurs de la de la commune rurale de Koubri pour leur disponibilité pendant les enquêtes terrains,
- ✓ au Chef de service technique des Ressources Animales de la commune rurale de Koubri et son personnel pour leur collaboration,
- ✓ au Chef de service technique de l'agriculture et de la sécurité alimentaire de la commune rurale de Koubri et son personnel pour leur collaboration,
- ✓ au Chef de service technique de l'environnement de la commune rurale de Koubri et son personnel pour leur collaboration,
- ✓ à la famille OUOBA Lamoussa à Bobo Dioulasso pour leur soutien morale,
- ✓ à tous mes camarades de promotion, GNADA Djibril, Mme TRAORE/LAMIEN Fleur, SAWADOGO Paul Marie André, WADRE Saïdou, ZINGUE Kamou, KIEMDE Daouda, KOUSSIELE Somé M. Désire, OUEDRAOGO Mahamadi, BONKOUNGOU W. Jacques, SOMDA K.M. Bénédicte, pour leur collaboration, conseils et soutien pendant notre formation.

A tous ceux dont les noms n'ont pu être cités, retrouvez dans ce mémoire l'amitié d'un collaborateur.

## SIGLE ET ABREVIATION

<b>ABNORM</b>	:	Agence Burkinabè de la Normalisation, de la Métrologie et de la qualité
<b>CCNUCC</b>	:	Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
<b>CLE</b>	:	Comités Locaux de l'Eau
<b>Cm<sup>3</sup></b>	:	Centimètre cube
<b>DGRH</b>	:	Direction Générale des Ressources Halieutiques
<b>GES</b>	:	gaz à effet de serre
<b>GPS</b>	:	Global Positioning System
<b>Ha</b>	:	hectare
<b>IBGE</b>	:	Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
<b>ICP/MS</b>	:	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
<b>IDR</b>	:	Institut de Développement Rural
<b>m<sup>3</sup></b>	:	mètre cube
<b>ma</b>	:	mini ampère
<b>MAHRH</b>	:	Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
<b>MECV</b>	:	Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie
<b>Nm</b>	:	Nanomètre
<b>OMS</b>	:	Organisation Mondiale de la Santé
<b>PCB</b>	:	Polychlorobiphényles
<b>POPs</b>	:	Produits Organiques Persistants
<b>SIG</b>	:	Système d'Information Géographique
<b>UPB</b>	:	Université Polytechnique de Bobo Dioulasso



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Liste des tableaux

Tableau I: Principaux types de pollution des eaux continentales, nature de produits polluants et leurs origines. ....	13
Tableau II: Période et nombre de poissons collectés par site. ....	39
Tableau III: Teneur des métaux lourds dans les organes (foies et muscles) des poissons capturés dans le barrage de Nagbangré. ....	50
Tableau IV: Teneur des métaux lourds dans les organes ( foies et muscles) des poissons capturés dans le barrage de Boussouma. ....	50

### Liste des photos

Photo 1: Le poisson chat Africain. ....	31
Photo 2: Le Tilapia du Nil. ....	33
Photo 3: Balance électronique ....	33
Photo 4: Un ichtyomètre. ....	34
Photo 5: Le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme. ....	35
Photo 6: Le mortier en porcelaine ....	36
Photo 7: Un GPS ....	37

### Liste des figures

Figure 1: Bioaccumulation des métaux lourds dans un système aquatique. ....	22
Figure 2: carte administrative de la commune rurale de Koubri (PCD, 2008) ....	27
Figure 3: Carte du barrage de Boussouma et sa zone de culture maraichère. ....	28
Figure 4: Carte du barrage de Nagbangré et sa zone de culture maraichère. ....	29
Figure 5: Schéma de principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique. ....	36
Figure 6: comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du poisson chat Africain de Nagbangré. ....	42
Figure 7: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le muscle du poisson chat Africain de Nagbangré. ....	43
Figure 8: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Nagbangré. ....	44
Figure 9: Teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Nagbangré. ....	45
Figure 10: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du poisson chat Africain de Boussouma. ....	46
Figure 11: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le muscle du poisson chat Africain de Boussouma. ....	47
Figure 12: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Boussouma. ....	48
Figure 13: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Boussouma. ....	49

## RESUME

La pollution du milieu aquatique a des conséquences directes ou indirectes sur l'écosystème. Ces conséquences sont très importantes si bien que certains polluants comme les métaux lourds provenant du milieu extérieur peuvent s'accumuler dans les organismes aquatiques par le phénomène de " bio-accumulation ". Cette bio-accumulation peut s'amplifier à chacun des maillons de la chaîne alimentaire. Cette amplification à chacun des maillons de la chaîne alimentaire (jusqu'à l'homme) peut parfois prendre une ampleur inquiétante en termes de santé publique.

Le travail avait pour but d'évaluer la teneur des métaux lourds dans les tissus de poissons d'eau douce.

Les travaux ont consisté dans un premier temps à faire des enquêtes au niveau des producteurs maraichers, des pêcheurs et des services techniques pour identifier les éventuelles sources de pollution des métaux lourds au niveau des plans d'eau et dans un deuxième temps à collecter les tissus de deux espèces de poissons à savoir le Tilapia du Nil et le poisson chat Africain. Les organes mous (foie et muscle) ont été prélevés et soumis à une analyse chimique au spectrophotomètre d'absorption atomique de flamme. Les enquêtes indiquent que les eaux de ruissèlements et les pesticides sont les sources potentielles des pollutions des plans d'eau par les métaux lourds.

L'analyse des tissus révèle la présence de métaux lourds tels que le chrome (Cr), le cobalt (Co), le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et l'arsenic (As). Ces métaux sont présents en diverses proportions dans les tissus hépatiques et musculaires des deux espèces de poissons étudiées. Le foie concentre plus de métaux que le tissu musculaire. En ce qui concerne l'espèce, les teneurs sont en général plus élevées chez le Tilapia du Nil que le poisson chat Africain. Les teneurs en métaux lourds des tissus particulièrement celles du plomb, seraient supérieures aux valeurs admises.

**Mots-clés :** Métaux lourds, tissus mous, poissons, eau douce, Koubri, Burkina Faso.

## ABSTRACT

Pollution of the aquatic environment has direct or indirect effects on the ecosystem. These consequences are so much important as some pollutants such as heavy metals from the external environment can accumulate in aquatic organisms by the phenomenon of "bioaccumulation". This bioaccumulation may amplify in each of the food chain components. This amplification to each of the food chain components (up to man) can sometimes take alarming proportions in terms of public health.

The work was to evaluate the content of heavy metals in freshwater fish tissues.

The work consisted in, first to conduct surveys with market garden growers, fishermen and technical services to identify potential sources of heavy metal pollution in water bodies and second, collecting tissue from two fish species namely the Nile Tilapia and African cat fish.

. Soft organs (liver and muscle) were collected and subjected to chemical analysis by flame atomic absorption spectrophotometer. The surveys indicate that running waters and pesticides are potential sources of pollution of water bodies by heavy metals.

Tissue analysis revealed the presence of heavy metals such as chromium (Cr), cobalt (Co), cadmium (Cd), lead (Pb) and arsenic (As). These metals are present in different proportions in the liver and muscle tissues of the two species of fish being studied. Liver concentrate more metals than muscle tissue. Regarding this case, the levels are generally higher in Nile Tilapia than African cat fish. The heavy metal content in the tissues– lead in particular would exceed the allowable values.

**Keywords:** Heavy metals, soft tissue, fish, freshwater, Koubri, Burkina Faso.

## INTRODUCTION

Les activités humaines (industrialisation, urbanisation, l'agriculture) sont la source d'une importante production de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de plusieurs types de pollutions. Ces polluants sont souvent déversés dans la nature, sans des traitements préalables dans le but de leurs recyclages, augmentant ainsi le taux de pollution de l'environnement. L'eau, qui est la source de la vie sur Terre n'est pas épargnée si bien que la pollution du milieu aquatique peut entraîner divers types de nuisances : augmenter la mortalité de certaines espèces animales ou végétales jusqu'à parfois les faire disparaître, altérer leurs capacités physiologiques, détériorer la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à certains usages comme l'alimentation humaine.

Les conséquences de la dispersion des polluants dans l'environnement ont et continuent de susciter un grand intérêt de la communauté scientifique mondiale car la protection de l'environnement passe par la connaissance de ces polluants ainsi que leur devenir dans l'environnement (Katemo Manda *et al.*, 2010). Les métaux lourds font partie des polluants majeurs de l'environnement tant par le caractère ubiquiste de leur présence au sein de la biosphère que par leur toxicité et leur bioaccumulation potentielle dans plusieurs espèces aquatiques, induisant des effets dévastateurs (Katemo Manda *et al.* 2010). :

Les effets de la contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds ont tout d'abord été mis en évidence dans les pays ayant un important tissu industriel. En effet, les déchets industriels étaient déversés dans la nature sans traitement préalable et contribuaient ainsi à une pollution importante de l'environnement. On a donc assisté à différents types de pollution comme celles au mercure et au cadmium en Suède et au Japon Biney *et al.* (1995). Bien que l'activité industrielle soit moins développée dans la majeure partie des pays Africains, on y observe une prise de conscience croissante quant à la nécessité de préserver l'environnement et éviter sa pollution environnementale par le déversement anarchique des déchets industriels. Comme il est à prévoir que les activités industrielles et urbaines s'intensifieront dans toutes les régions du continent, cette question revêt désormais une importance encore plus grande.

Dans le milieu aquatique, les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les organismes des êtres qui y vivent et atteindre dans certains tissus ou organes des concentrations parfois supérieures à celles mesurées dans l'eau : ce phénomène est appelé " bioaccumulation ". Le fait que les poissons représentent aussi une importante composante du régime alimentaire soulève des préoccupations concernant les risques sur la santé (FOXAL *et al.* 2000). En effet, selon Bonzon et Breuil (1992), la pêche dans les eaux intérieures constitue une source de nourriture et d'emploi pour de millions d'individus en Afrique intertropicale.

Dans les seuls pays sahéliens Ces mêmes auteurs estiment à trois millions de personnes qui dépendent de cette activité de la pêche.

Burkina Faso, pays en voie de développement, possède un tissu industriel très peu développé. Les sources de pollution environnementale, y compris aquatique, proviennent essentiellement des usages agricoles, domestiques et sanitaires de certains produits contenant des métaux lourds.

La commune rurale de Koubri, situé à une trentaine de kilomètre au sud de la capitale Ouagadougou a été ciblée par notre étude. Cette commune possède un réseau hydrographique relativement dense et est réputée être une grande productrice de produit maraichers. Les ressources en eau de la commune sont utilisées essentiellement pour les activités agro-pastorales, notamment la culture maraîchère qui est pratiquée sur les berges des retenues d'eau. On assiste dans la zone à une pollution des eaux de surface liée à l'utilisation des pesticides pour la production maraîchère et à l'entassement des déchets solides ménagers sur les berges des retenues d'eau. La pollution de l'eau peut contaminer les poissons or les productions halieutiques annuelles contrôlées de la commune rurale de Koubri sont estimées à environ 10 tonnes par an, constituant ainsi des sources de revenus monétaires importantes (PCD, 2008). Ce que nous fait craindre la contamination d'une grande quantité de poisson si toute fois l'eau est contaminée.

Devant ces réalités, que sont la forte démographie, les rejets industriels, domestiques et sanitaires ainsi que l'utilisation des pesticides aux abords des retenues d'eau de surface, nous nous sommes posés les questions suivantes :

- quelles peuvent être les sources de contamination des poissons par les métaux lourds ?
- les tissus et organes des poissons pêchés dans les eaux de surfaces contient-elle des métaux lourds ?

Notre étude se fixe donc pour objectif global d'évaluer l'effet de la pollution industrielle et agricole sur les organismes vivants aquatiques que sont les poissons. Spécifiquement, il s'agira de déterminer la teneur de quelques métaux lourds (le plomb, le cadmium, le chrome, l'arsenic et le cobalt) dans le tissu musculaire et le foie de deux espèces ichtyologiques rencontrées dans les pêcheries du Burkina Faso : le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), et du poisson chat Africain (*Clarias spp.*)

Le présent mémoire comporte deux parties : la première partie est consacrée une synthèse bibliographique sur la pollution en générale et la deuxième partie consacrée à l'étude expérimentale.

**PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I- GENERALITES SUR LA POLLUTION

### 1.1. LA POLLUTION

La Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000 définit la pollution comme étant l'« Introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier » ). Le dictionnaire de l'environnement désigne le « Polluant » comme étant un agent physique, chimique ou biologique qui provoque une gêne ou une nuisance dans le milieu liquide ou gazeux. Les polluants désignent en général des facteurs physiques, chimiques ou biologiques, d'origine naturelle ou non, susceptibles d'avoir des effets délétères sur les organismes vivants ([www.portail-environnement.com](http://www.portail-environnement.com)).

La notion de pollution appelle donc celle de contamination d'un ou plusieurs compartiments des écosystèmes (air, eau, sol), d'un organisme (qui peut être l'Homme) ou d'un groupe d'organismes, ou ayant une incidence sur l'écosystème, au-delà d'un seuil ou norme. La contamination peut notamment s'étendre ou se modifier via le réseau trophique (Kayalto, 2009)

De nos jours, ce sont presque tous les compartiments des écosystèmes (air, eau, sol) et tous les organismes qu'ils contiennent, qui sont menacés par la pollution ou sont contaminés.

C'est pourquoi, l'on distingue la pollution de l'air, des sols et de l'eau (Environnement, Risques & Sante, 2002). :

- La pollution du sol peut être diffuse ou locale, d'origine industrielle, agricole. Ces pollutions agricoles peuvent toucher les nappes phréatiques d'une part et en contaminer les cultures poussant sur ces sols d'autre part.
- La pollution de l'air, provoquée par des polluants dits atmosphériques (particule) est plus délicate à réglementer efficacement, dans un cadre local ou national, que beaucoup d'autres formes de pollutions (de même pour les pollutions marines). Des conventions mondiales (CCNUCC, Convention de Vienne sur la protection de la couche d'Ozone, convention de Stockholm sur les POPs) concernent les polluants destructeurs de la couche d'ozone ou les gaz à effet de serre (GES), tous capables de modifier le fonctionnement planétaire du monde vivant. Les effets allergènes (rhinite, conjonctivite, asthme) des

particules biologiques (pollens, spores, microbes ou virus) sont en augmentation, et ils semblent souvent exacerbés par les polluants urbains générés par les transports

- La pollution de l'eau peut se présenter sous différentes formes chimique, bactériologique ou thermique. Les eaux ou masses d'eau concernées peuvent être douces, saumâtres ou salées, souterraines ou superficielles et les eaux marines. Selon Kayalto (2009), la pollution de l'eau peut avoir diverses origines parmi lesquelles : la pollution de l'eau par les produits phytosanitaires, par les nitrates et phosphates (eutrophisation), par les polychlorobiphényles (PCB), par les hydrocarbures (marée noire), par les bactéries (coliformes fécaux), par le drainage minier acide (solution minérale acide s'écoulant régulièrement d'une mine), par les métaux lourds (cadmium, plomb, etc.). Il faudrait arriver à diminuer la pollution de l'eau par les usines et le drainage agricole et éviter de rejeter les déchets ménagers dans l'eau.

## **1.2. LES FORMES DE POLLUTION**

On distingue, selon le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) français, deux grandes formes de pollution :

- les pollutions ponctuelles, souvent relativement immédiates, qui proviennent de sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels, effluents d'élevage...) et peuvent être traitées par des stations d'épuration,
- les pollutions diffuses, comme celles dues aux épandages de pesticides et d'engrais sur les terres agricoles, qui concernent l'ensemble d'un bassin versant, mettent plus de temps à atteindre les milieux aquatiques. Ces pollutions ne peuvent être traitées qu'à la source en diminuant l'usage des substances responsables.

Ces pollutions peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville, par exemple), périodiques (augmentations saisonnières des rejets liées au tourisme, aux crues...), ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif de produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou du lessivage des sols urbains lors de fortes pluies.



### 1.3. LES TYPES DE POLLUANTS

Selon Lévêque (1996) on distingue 4 classes de polluants : les polluants physiques, les polluants microorganiques, polluants chimiques et les polluants microorganiques. Le tableau I présente les classes de polluants leurs natures ainsi que leurs sources potentielles.

Tableau I: Principaux types de pollution des eaux continentales, nature de produits polluants et leurs origines.

TYPES DE POLLUTION	EXEMPLE	NATURE	SOURCES
Physique	Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
	Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
Matière organique		Glucides, lipides, protides	Effluents domestiques, agricoles, agro-alimentaires
		Ammoniac, nitrates	Elevages et piscicultures
Chimique	Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agriculture, lessives
	Métaux et métalloïdes	Mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic...	Industries, agriculture, pluies acides, combustion
	Pesticides	Insecticides, herbicides, fongicides	Agriculture, industries
	Organochlorés	PCB, solvants	Industries
	Composées organiques de synthèse	Nombreuses molécules	Industries
	Détersifs	Agents tensio-actifs	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Pétrole et dérivés	Industrie pétrolière, transports
	Microbiologique		Bactéries, virus, champignons

Source : Lévêque, (1996)

## II-GENERALITE SUR LES METAUX LOURDS

### 2.1-DEFINITION DES METAUX LOURDS

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser (Di et *al.*, 1997).

Pour Hammami (2010), on appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm<sup>3</sup>.

Selon Di et *al.* (1997), du point de vue scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme :

- tout métal ayant une densité supérieure à 5,
- tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium ( $Z=11$ ),
- tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

Pour certains auteurs comme Picot (2002) cette notion de « métaux lourds » est maintenant uniquement médiatique et sans valeur scientifique. Toujours, selon le même auteur, pour les scientifiques, ces métaux lourds doivent être regroupés dans ce que l'on appelle les « métaux en traces » car, normalement, on les retrouve dans les milieux naturels, en très faibles concentrations.

### 2.2-SOURCES DE CONTAMINATION DE QUELQUES METAUX LOURDS AINSI QUE LEURS EFFETS SUR LA SANTE

#### 2.2.1. L'arsenic (As)

. Ce métal peut se trouver sous différentes formes : pure, méthylée ou minérale (Martinache et *al.*, *s.d.*).

##### 2.2.1. 1. Sources

On retrouve l'arsenic dans l'industrie des colorants, du verre, de la fonderie du plomb, du zinc et du cuivre, des fabrications de pesticides, de l'emballage des animaux, de la métallurgie et de l'agriculture. L'arsenic est aussi présent dans la fumée de cigarette. L'arsenic se retrouve aussi dans l'eau de surface ou souterraine de certaines régions ; il provient principalement de l'érosion naturelle des surfaces rocheuses, mais aussi des résidus miniers (IBGE, 2002).

### *2.2.1.2. Effets sur la santé*

Selon IBGE, (2002) les effets observés sur l'organisme à la suite de l'exposition à de faibles concentrations d'arsenic durant de longues périodes sont principalement des manifestations qui touchent la peau, les muqueuses, le système nerveux, le foie, les reins et le système vasculaire. Des quantités importantes sont également retrouvées dans les cheveux et les ongles. Les signes d'une intoxication aiguë suite à une ingestion massive d'arsenic (180 mg) sont la fièvre, l'anorexie, des vomissements et des diarrhées, et des arythmies cardiaques. Les signes précoces d'une exposition chronique sont la coloration de la peau et une faiblesse musculaire. L'arsenic est cancérigène pour l'homme ; on constate l'apparition de cancers de la peau et du poumon chez les ouvriers des usines fabriquant des pesticides à base d'arsenic. Le diagnostic d'intoxication à l'arsenic peut être facilement posé par l'analyse quantitative de sa présence dans les phanères (ongles et cheveux).

### *2.2.1.3. Seuil à risque*

La concentration d'arsenic dans l'air dans un milieu industriel ne doit pas dépasser 10 µg/m<sup>3</sup> (IBGE, 2002). La Limite de l'arsenic à ne pas dépasser pour les eaux minérales naturelles est de 0,01 mg/L (Hammami, 2010). Selon l'ABNORM (2009) les doses journalières ou hebdomadaires admissibles pour l'homme dans les produits de pêches (partie comestible) ne doivent pas dépasser 0,2 mg/kg pour l'arsenic.

## **2.2.2. Le cadmium (Cd)**

Le cadmium est un métal argenté souple ayant des propriétés physiques très proches du zinc. Ce métal est associé à de nombreux minerais comme le zinc, cuivre, plomb et phosphate.

### *2.2.2.1. Sources*

Les principales sources d'émission anthropogéniques du cadmium sont les industries métalliques et l'incinération des déchets (IBGE, 2002). Selon l'IBGE (2002) le tabac contient également des niveaux élevés de cadmium. Le cadmium est récupéré lors de l'élaboration du zinc, du plomb et du cuivre (Di et al., 1997).

#### 2.2.2.2. Effets sur la santé

La majorité du cadmium accumulé par l'Homme provient des activités agricoles (apport d'engrais phosphatés riches en cadmium, épandage de boues résiduelles dans les zones maraîchères) mais aussi des activités industrielles (métallurgie du zinc, du plomb...) (Picot, 2002).

Le cadmium est un toxique puissant et cumulatif dont la demi-vie biologique dans le corps humain dépasse 10ans ; il s'accumule essentiellement dans les reins, qui constituent donc l'organe cible critique, tant pour la population générale que pour la population professionnellement exposée (IBGE, 2002). Selon Picot (2002) l'exposition à long terme à de faibles doses de cadmium (provenant de l'alimentation ou en milieu professionnel) peut entraîner une atteinte rénale (néphrite) pouvant évoluer vers une insuffisance rénale grave. Il ajoute que l'on peut observer des troubles cardio-vasculaires liés certainement à l'action hypertensive du cadmium.

#### 2.2.2.3. Seuil à risque

La valeur de référence est de  $<0,5 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  de sang (IBGE, 2002). La Limite du cadmium à ne pas dépasser pour les eaux minérales naturelles est de  $0,003 \text{ mg/L}$  (Hammami, 2010). Selon l'ABNORM (2009) les doses journalières ou hebdomadaires admissibles pour l'homme dans les produits de pêches (partie comestible) ne doivent pas dépasser  $0,05 \text{ mg/kg}$  pour le cadmium. Pour Di et al. (1997) la concentration maximale de rejet dans l'atmosphère du cadmium est de  $0,2 \text{ mg/L}$ .

### 2.2.3. Le chrome (Cr)

Le chrome, est utilisé sous forme de chromite ( $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dans l'industrie métallurgique et dans l'industrie chimique (Di et al., 1997). On le trouve également sous la forme de ferrochrome ( $\text{FeCr}$ ), utilisé pour la production d'aciers inoxydables et d'alliages divers. Le chrome est également employé comme pigment pour la peinture, le caoutchouc, le papier, l'encre d'imprimerie, ou encore pour le tannage des peaux. Réalisé industriellement depuis 1920, le chromage est utilisé pour donner un aspect décoratif et assurer une bonne résistance à la corrosion atmosphérique.

#### 2.2.3.1. Source du chrome

Les sources de chrome les plus importantes sont représentées par la levure de bière et le foie de veau. D'autres aliments en contiennent, comme les brocolis, haricots verts, pommes de terre, céréales complètes, germe de blé, asperges, mais aussi, les prunes, la bière, les viandes, le gruyère et le jaune

d'œuf. Les quantités de chrome détectées dans l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère sont liées pour l'essentiel à des émissions d'origine industrielle ([www.lenntech.fr](http://www.lenntech.fr)).

#### *2.2.3.2. Effets sur la santé.*

Le chrome est nécessaire à de nombreuses réactions biochimiques. Il intervient notamment dans le métabolisme des lipides et des glucides. Le chrome participe au métabolisme du glucose en stimulant les effets de l'insuline, l'hormone pancréatique qui fournit aux cellules le glucose nécessaire à la production d'énergie et qui maintient des niveaux normaux de glucose sanguin. ([www.nutranews.org](http://www.nutranews.org))

Présent en quantités trop élevées dans l'organisme, le chrome peut se révéler toxique et provoquer des réactions inflammatoires de la peau et des muqueuses, et particulièrement de la muqueuse nasale, lorsque cet oligoélément est inhalé.

C'est ce qui se produit chez les sujets exposés professionnellement de façon répétée aux vapeurs de chrome. Dans cette population, la fréquence des cancers du poumon est accrue.

#### *2.2.3.3. Seuil à risque*

La Limite du chrome à ne pas dépasser pour les eaux minérales naturelles est de 0,05mg/L (Hammami, 2010).

### **2.2.4. Le mercure (Hg)**

De formule chimique Hg, le mercure est un métal qui se trouve généralement sous forme liquide mais s'évapore assez facilement. La spéciation du mercure est un peu plus complexe car il peut exister sous trois formes différentes : le mercure élémentaire (Hg<sup>0</sup>), le cation mercurieux (Hg<sup>+</sup>) et le cation mercurique (Hg<sup>++</sup>) (PICOT, 2002).

#### *2.2.4.1. Source*

Les principales sources d'émission anthropogéniques du mercure sont l'industrie métallique, les processus de combustion et l'incinération des déchets (IBGE, 2002).

Selon Di et *al* (1997), on obtient le mercure par grillade du cinabre (sulfure de mercure). Il se combine avec d'autres métaux pour former des alliages, appelés amalgames. Il permet d'extraire l'or et l'argent avec lesquels il se combine. On l'emploie dans la fabrication de thermomètres, baromètres, pompes à vides, lampes et redresseurs à vapeurs de mercure. Il sert à l'étamage des glaces, à la fabrication de

colorants, il entre dans la composition des cosmétiques (mascara), des adhésifs, des filtres des systèmes à air conditionné, etc.

#### *2.2.4.2. Effets sur la santé*

Les effets du mercure sur l'adulte diffèrent, quantitativement et qualitativement, des effets observés après une exposition prénatale, et éventuellement postnatale (le mercure passe effectivement du sang de la mère à celui du bébé pendant qu'elle le porte ou l'allait). Le système nerveux central en développement est plus sensible que le système nerveux des adultes aux effets nocifs du mercure. L'empoisonnement au mercure a plusieurs caractéristiques importantes :

- la période de latence est longue (généralement plusieurs mois) ;
- les dommages sont presque exclusivement limités au système nerveux, spécifiquement le système nerveux central ; les fonctions les plus souvent affectées sont les fonctions sensorielles, visuelles et auditives, ainsi que la coordination, liée à certaines zones cérébrales, essentiellement le cervelet ;
- les zones du cerveau endommagées sont très localisées (ex. cortex visuel) ;
- les effets sont irréversibles dans les cas sévères ; la destruction des cellules neuronales est en effet définitive, celles-ci étant incapables de régénération ;
- les effets les plus précoces sont des symptômes subjectifs non spécifiques tels les paresthésies (sensations cutanées anormales), troubles visuels, malaises divers (IBGE, 2002)

Après les symptômes précoces apparaissent des signes tels qu'une diminution du champ visuel, de la surdité, de la dysarthrie et de l'ataxie. Dans les cas les plus aigus, peuvent survenir coma et décès. Dans des cas moins sévères, on peut assister à un certain degré de récupération fonctionnelle liée à un fonctionnement compensatoire du système nerveux central. La plainte subjective de paresthésies apparaît permanente dans certains cas, transitoire dans d'autres, sans que l'on ait pu expliquer cette différence.

#### *2.2.4.3. Seuil à risque*

La norme acceptable en milieu de travail dans l'air est de 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour le mercure métallique (IBGE, 2002). Pour Di et al (1997) la concentration maximale de rejet dans l'atmosphère du le mercure est de 0,05 mg/L. La Limite du mercure à ne pas dépasser pour les eaux minérales naturelles est de 0,001mg/L (Hammami, 2010).

### 2.2.5. Le plomb (Pb)

Le plomb est l'un des métaux toxiques présent en grande abondance dans la croûte terrestre. Le plomb est présent dans tous les compartiments terrestres (hydrosphère, atmosphère, sol...) Il peut se présenter sous de nombreuses espèces chimiques, soit minérales comme le plomb élémentaire (Pb<sup>0</sup>) soit sous forme ionisée cationique, l'espèce la plus courante étant le cation divalent (Pb<sup>++</sup>) (Picot, 2002).

#### 2.2.5.1. Source

Le plomb (Pb) est un métal lourd présent à l'état naturel dans la croûte terrestre. En outre, le plomb a de nombreux usages industriels. En raison de son usage généralisé, le plomb est omniprésent dans l'environnement.

L'eau potable à pH acide est une source d'exposition lorsqu'elle circule dans des canalisations en plomb ou comportant des soudures au plomb, mais cette voie ne représente habituellement qu'une petite partie de l'absorption quotidienne totale des populations (IBGE, 2002). Les principales sources de plomb se trouvent en Australie, aux Etats-Unis, au Canada, au Mexique, au Pérou et en Russie. Les Etats-Unis consomment la moitié de la production mondiale. (Di et al., 1997). Le plomb est le métal non ferreux le plus récupéré et recyclé.

#### 2.2.5.2. Effets sur la santé

Le plomb est un toxique cumulatif dont l'intoxication à long terme est le saturnisme, dont une manifestation aiguë est la colique de plomb, engendrant une crise abdominale très douloureuse (Picot, 2002). Selon le même auteur le plomb agit préférentiellement sur le système nerveux (central et périphérique), le rein et la moelle osseuse. Le saturnisme est une pathologie directement et exclusivement liée à l'absorption de plomb (IBGE, 2002)..

Selon IBGE (2002), l'exposition à long terme à des niveaux de plomb même relativement bas ou l'exposition à court terme à des niveaux élevés peuvent affecter gravement la santé humaine. L'exposition aiguë provoque des coliques et des encéphalites accompagnées parfois d'ataxie, de convulsions, de coma et même de décès. L'exposition chronique peut entraîner chez l'enfant une déficience de son développement intellectuel, des problèmes de comportement, une altération de la fonction auditive et une perturbation de la croissance. Les symptômes précoces peuvent comporter une fatigue persistante, de l'irritabilité, une perte d'appétit, de l'anémie, des maux d'estomac, un champ d'attention réduit, de l'insomnie, de la constipation et des maux de tête. Les effets à long terme chez les adultes comprennent

une hausse de la pression artérielle, de l'anémie, des problèmes rénaux et éventuellement une déficience spermatique. Pendant la grossesse, le plomb passe de la mère au fœtus et cela d'autant plus que la contamination a lieu pendant le troisième trimestre. Par le passé, on remarquait une augmentation des avortements spontanés et des accouchements d'enfants mort-nés chez les travailleuses de l'industrie du plomb exposées à des niveaux élevés de ce métal.

#### 2.2.5.3. *Seuil à risque*

Il existe un certain consensus scientifique pour estimer qu'une toxicité peut survenir à des niveaux de 100 à 150 µg par litre de sang (IBGE, 2002). La Limite du plomb à ne pas dépasser pour les eaux minérales naturelles est de 0,01mg/L/ (Hammami, 2010). Selon l'ABNORM (2009) les doses journalières ou hebdomadaires admissibles pour l'homme dans les produits de pêches (partie comestible) ne doivent pas dépasser 0,2 mg/kg pour le plomb.

## **2.3-POLLUTION PAR LES METAUX LOURDS**

La plupart des métaux toxiques décrits ci-dessus sont des substances classées prioritaire par la directive européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000 car il représente des risques majeurs pour la santé des écosystèmes.

### **2.3.1. Contamination des sols**

Les surfaces concernées par la pollution métallique sont estimées, en France, à 200 000 ha le long des axes routiers et à 400 000 ha à proximité des sites industriels (Di et *al.*, 1997).

Les métaux peuvent être soit fixés dans les roches et les sédiments, soit mobiles. Dans le premier cas, les quantités disponibles sont infimes et elles n'ont aucune signification sur l'environnement. Mais lorsque les conditions changent de telle manière que les métaux redeviennent solubles, l'augmentation de la concentration devient alors une menace directe pour l'environnement du fait de l'augmentation de leur disponibilité pour les plantes. En outre, depuis quelques années, les pluies acides augmentent la mobilité des métaux dans le sol et causent donc une augmentation de leur concentration dans les produits agricoles (Di et *al.*, 1997).



### **2.3.2. Contamination de l'air**

Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes. De nombreux éléments se trouvent à l'état de traces dans des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, des incinérateurs municipaux, des véhicules, etc. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont fonction de la taille des particules, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc., dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines (Di et *al.*, 1997).

### **2.3.3. Contamination de l'eau**

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes: les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, etc (Di et *al.*, 1997). Une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les métaux se répartissent entre les différents compartiments de l'environnement aquatique (l'eau, les solides en suspension, les sédiments et le biote). Les métaux présents dans l'environnement aquatique peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions. Dans l'environnement aquatique, les métaux lourds subissent de nombreuses transformations: réduction par processus biochimique interposé, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées. Des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par des algues (Biney et *al.*, 1995).

Les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments en traces par la coexistence de deux phénomènes de bioaccumulation et de biomagnification : les éléments en traces se concentrent au fur et à mesure des absorptions dans la chaîne alimentaire (Hammami, 2010).

Selon Di et *al.* (1997), la bioaccumulation est l'accumulation de polluants dans un organisme vivant. Par ailleurs, c'est par ce processus de bioaccumulation que les polluants (métaux lourds) se transmettent tout au long de la chaîne alimentaire : la concentration est ainsi de plus en plus importante à mesure que l'on monte au sommet de cette chaîne alimentaire dans laquelle on trouve des grands prédateurs tels que les poissons, les grands mammifères ou encore une espèce que nous connaissons bien, l'Homme. Cette bioaccumulation est extrêmement importante car si un polluant s'accumule dans un organisme, alors la

concentration du polluant augmente dans cet organisme au cours du temps et les effets toxiques qui ne se révèlent pas à dose très faible sont susceptibles d'apparaître après accumulation. De plus, si un polluant reste plus longtemps dans un organisme, il aura d'autant plus de probabilité d'induire des effets néfastes. La figure 1 montre les modalités de la bioaccumulation des métaux lourds dans un système aquatique. Nous remarquons que la teneur des métaux lourds augmente avec le niveau trophique. C'est le cas de la teneur du phytoplancton qui est de 0,0025 ppm au début de la chaîne alimentaire. Cette teneur va croissante jusqu'à 124 ppm chez le goéland argenté qui est à la fin de cette chaîne soit une concentration de quarante-neuf mille six cents (49600) fois plus importante à l'extrémité supérieure de la chaîne trophique.

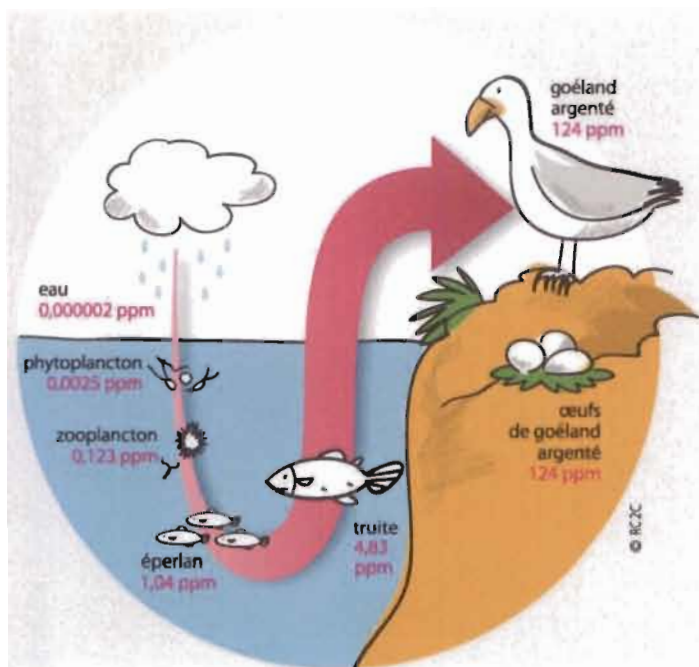


Figure 1: Bioaccumulation des métaux lourds dans un système aquatique.

(Source : [www.ecotoxicologie.fr](http://www.ecotoxicologie.fr))

### 2.3.4 Contamination de l'homme

Les pages précédentes nous ont révélé le caractère omniprésent des métaux lourds dans notre environnement habituel. Toutefois, les conséquences de cette omniprésence seraient moindres si elle

n'était pas associée à un risque direct de contamination pour l'homme. De manière très intuitive, on comprend qu'à terme, l'homme qui peut se trouver à tous les échelons du cycle de répartition des métaux lourds dans l'environnement, va en absorber par différentes voies et devenir lui-même réservoir de métaux lourds avec des conséquences probables sur sa santé. Les polluants peuvent atteindre l'homme par passage à travers le contact, l'ingestion ou par l'inhalation (Di *et al.*, 1997).

#### *2.3.4.1. Absorption par voie respiratoire*

Beaucoup de métaux lourds se trouvent dans l'air sous une forme inhalable par l'homme et peuvent être à l'origine d'une contamination par la voie respiratoire. Plus encore que dans les sols, l'eau ou les aliments, cette présence des métaux lourds dans l'air est difficile à mettre en évidence et à éviter. En l'état actuel de la contamination de l'air, on peut dire que les phénomènes toxiques aigus ne s'observent pratiquement que dans des situations locales très particulières (concentration forte dans une pièce mal aérée...) mais on ne sait presque rien de la contribution de ces métaux lourds sous forme volatile dans les phénomènes de toxicité chronique.

Les métaux lourds dans l'air peuvent se trouver principalement sous deux formes : soit sous forme gazeuse pour certains composés métalliques volatiles ou dont la pression de vapeur saturante est élevée (c'est le cas du mercure même à température ambiante); soit sous forme de composés métalliques solides, déposés sur les très fines particules ou poussières formées lors des phénomènes de combustion (c'est le cas du plomb sur les particules formées dans les moteurs à explosion et le cas de tous les métaux sur les particules formées dans les incinérateurs d'ordures ménagères). Pour des raisons de thermodynamique et de cinétique, les métaux lourds présents ont en effet tendance à s'accumuler sur les particules solides formées lors des réactions de combustion. Dans les deux cas (gaz ou fines particules), les métaux peuvent pénétrer dans les voies aériennes supérieures lors d'une inhalation normale et, si la taille des particules le permet, atteindre les alvéoles pulmonaires, véritables échangeurs air/sang d'où ils diffusent (gradient de concentration) dans le torrent circulatoire et sont solubilisés dans le sang de la personne exposée. Présents dans la circulation sanguine, les métaux peuvent alors atteindre tous les organes, ce qui fait de la voie respiratoire une voie de contamination très efficace.

#### *2.3.4.2. Absorption par voie orale*

Les métaux lourds contenus dans notre environnement (eau, air, sols) peuvent, par des cycles parfois complexes, se retrouver dans une étape de notre chaîne alimentaire et entraîner une contamination de

l'homme par voie orale. Ce passage dans la chaîne alimentaire des métaux lourds et la contamination de l'homme par ces polluants se fait par bioaccumulation. L'homme peut être exposé à des quantités dangereuses de métaux lourds par son alimentation (Di et *al*, 1997).



**DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE**

## **I. GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE**

L'étude expérimentale a été menée dans la commune rurale de Koubri, située dans la région du Centre au sud de la province du Kadiogo. Son chef-lieu Koubri se trouve à environ 25 km au sud de Ouagadougou sur l'axe Ouagadougou – Pô (route nationale n°5) (Figure 2).

La commune rurale de Koubri est située dans la région du Centre et au sud de la province du Kadiogo.

La commune couvre une superficie de 555 km<sup>2</sup> et compte 25 villages administratifs. L'effectif de la population de Koubri s'élève à 43.467 habitants selon le RHGPH (2006). Le climat est de type tropical soudanien caractérisé par deux principales saisons : une saison sèche qui dure de Novembre à Mai et une saison pluvieuse de Juin à Octobre avec une moyenne pluviométrique est estimée à 700 mm d'eau par an. La commune de Koubri est parcourue d'Est en Ouest et du Nord au Sud par plusieurs plans d'eau artificiels, des cours et des voies d'eau temporaires sur une superficie estimée à 1 863,34 ha. La commune compte six barrages et près de quarante retenues d'eau de capacités variées et relativement bien répartis sur l'espace de la commune. La commune fait partie du sous bassin du Nakambé-Nariaré qui appartient au bassin du Nakambé.

Les principales activités économiques sont l'agriculture (cultures vivrières, cultures maraîchères et fruitières), l'élevage et la pêche (productions annuelles contrôlées sont estimées à environ 10 tonnes par an).

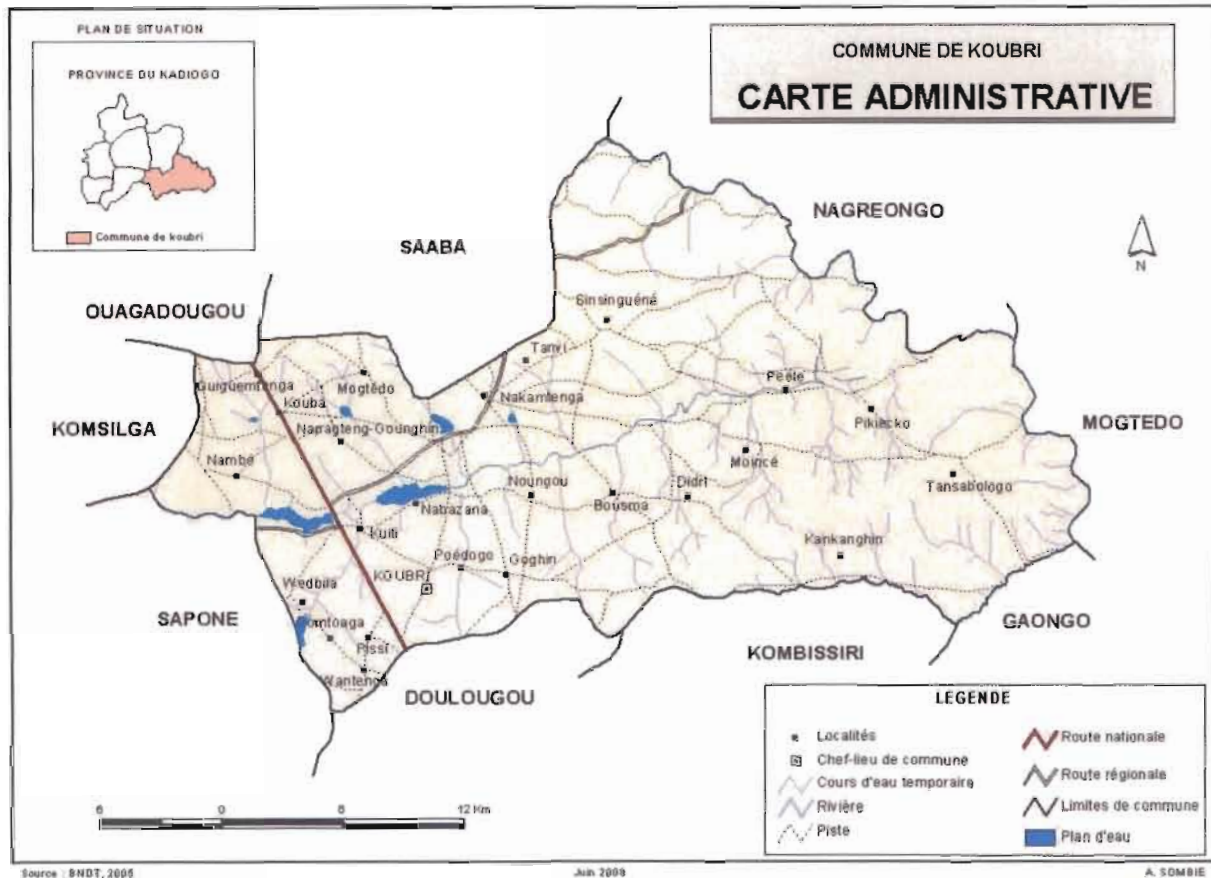


Figure 2: carte administrative de la commune rurale de Koubri (PCID, 2008)

## II-SITE DE L'ETUDE

Les sites d'étude sont les barrages de Nagbangré, et de Boussouma communément appelé *Arzoumbaongo* (en langue nationale Mooré). Ces deux barrages ont la même vocation à savoir la production maraîchère ; la pêche de capture est une activité secondaire. Le choix de ces barrages s'explique par leur forte sollicitation socio-économique à travers : le maraichage, la confection de brique et la pêche.

### 2.1-BARRAGES DE BOUSSOUMA

Le barrage de Boussouma communément appelé *Arzoumbaongo* a une capacité de 10 208 000 m<sup>3</sup> (DGRE ; 2011) et a un état permanent. Selon les responsables du comité d'usager, environ 1000 personnes exploitent ce barrage à plusieurs fins.

Le barrage de Boussouma est entouré de six village de la commune de Koubri à savoir Gonsé (562 habitants) ; Nougou (819 habitants) ; Boussouma (1224 habitants), Tanvi (2837 habitants) ; Nakamtenga (1052 habitants) ; et Nabazana (621habitants). Nos relevés GPS nous ont permis de mesurer la superficie du barrage qui est de 168 ha (à la date du 16 Décembre 2014) et la superficie des cultures maraîchères qui est de 1230 ha (à la date du 3 Février 2015); aussi nous avons remarqué la présence de fermes et d' habitations non loin des bordures ( figure 3).

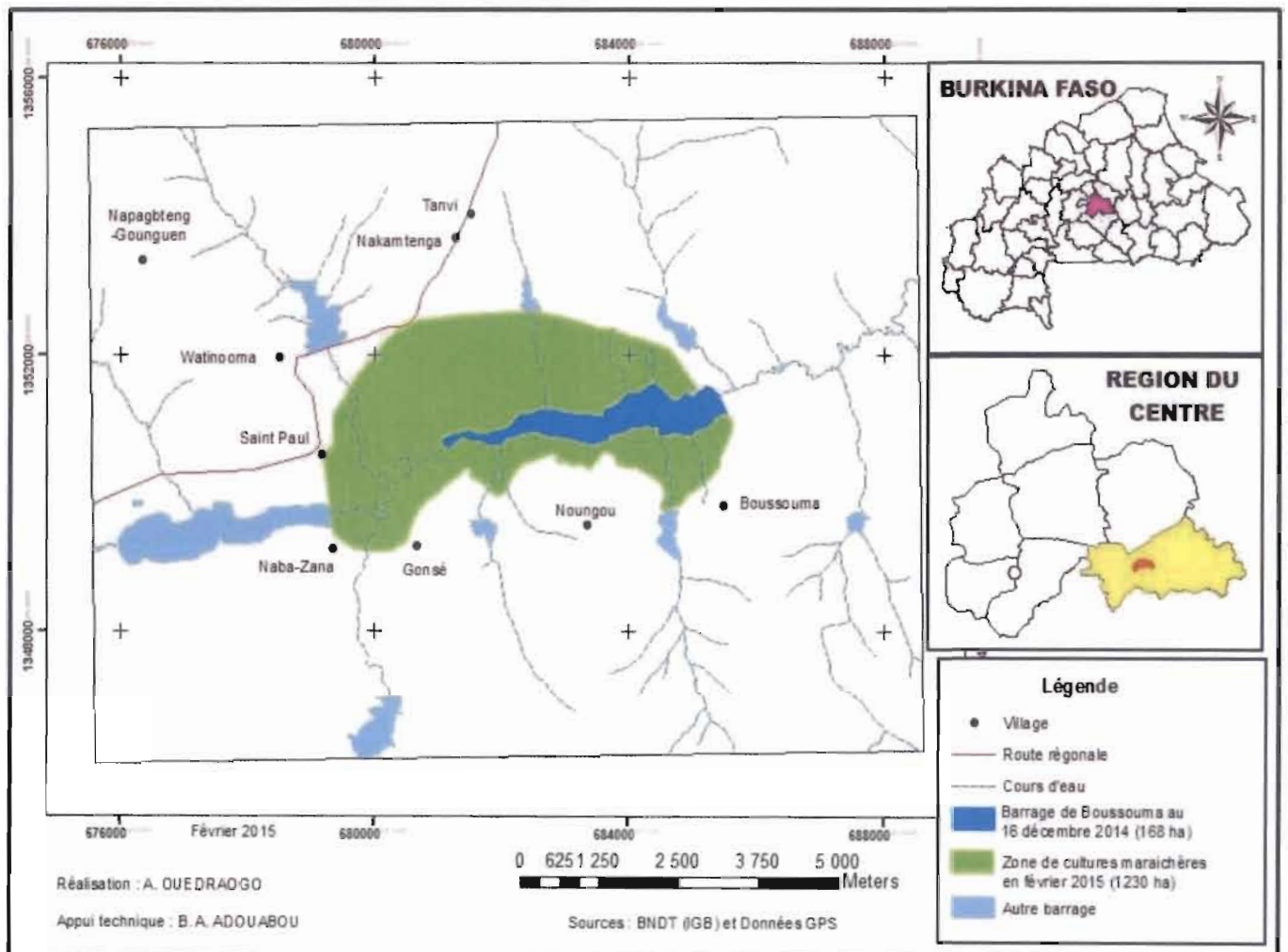


Figure 3: Carte du barrage de Boussouma et sa zone de culture maraichère.



## 2.2. LE BARRAGE DE NAGBANGRE

Le barrage de Nagbangré a une capacité de 2 300 000 m<sup>3</sup> (DGRE ; 2011) et a un état permanent. Nos relevés GPS nous ont permis de mesurer la superficie du barrage qui est de 130 ha à la date du 6 Décembre 2014. La population qui habite autour de ce barrage se chiffre à 8255habitants (PCD-AEPA, 2010); selon les responsables du comité d'usager, environ 500 personnes exploitent le barrage de Nagbangré.

Au bord de ce barrage le maraîchage est pratiqué ; aussi nous avons vu des fermes et des habitations non loin des bordures (figure 4).

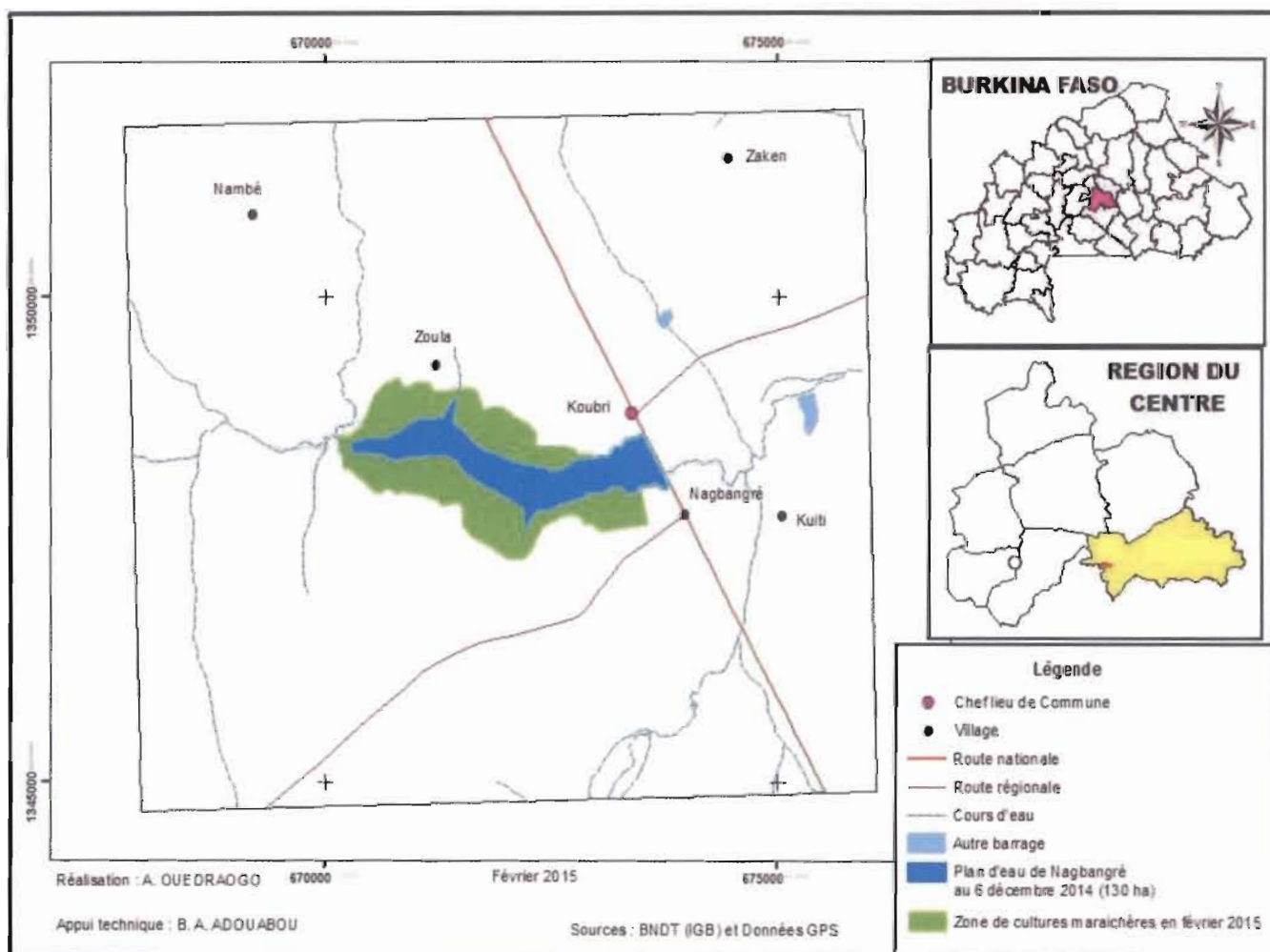


Figure 4: Carte du barrage de Nagbangré et sa zone de culture maraichère.

### III- MATERIELS

#### 3.1. MATERIELS BIOLOGIQUES

Deux espèces de poisson sont utilisées en raison de leur comportement alimentaire. Il s'agit de *Clarias* spp. communément appelé le silure ou poisson chat Africain qui est un poisson benthique et omnivore et le Tilapia du Nil, (*Oreochromis niloticus*) communément appelé ici la carpe, qui est un poisson pélagique et planctonophage.

##### 3.1.1 Le poisson chat Africain (*Clarias* spp.)

Le poisson chat Africain fait partie de la famille des Clariidae. Les Clariidae se distinguent des autres Siluriformes par l'absence d'épine à la dorsale, par des nageoires dorsale et anale très longues, par un corps de type anguilliforme, par la présence de quatre paires de barbillons et d'un organe supra-branchial, formé par des évaginations du deuxième et du quatrième arc branchial, permettant aux poissons de pratiquer une respiration aérienne (Teugels et Adriaens, 2002). Il existe plusieurs genres et celui qui nous intéresse est le genre *Clarias*.

Le genre *Clarias* possède une peau sans écaille mais couverte de mucus. Cette peau est pigmentée de noir sur sa partie dorsale et latérale du corps et de couleur blanche sur la partie ventrale.

La tête est déprimée (aplatie) garnie de pièces osseuses granuleuses au-dessus et sur les cotées. Elle porte également des petits yeux.

La bouche est large avec des dents granuleuses. La largesse de la bouche permet de prendre une grande variété de nourriture (allant des zooplanctons aux poissons). Il est capable d'aspirer le benthos, de déchirer des morceaux de chair et d'avalier des poissons entiers (de petite taille). Lors de nos manipulations nous avons extrait une grenouille de l'abdomen d'un poisson chat Africain. Autour de la bouche on trouve des barbillons qui jouent le rôle d'organe sensoriel.

Les nageoires sont de deux sortes à savoir les nageoires impaires et les nageoires paires. Les nageoires impaires sont :

- la dorsale (unique) toujours présente et très longue.
- l'anale (unique) qui est aussi allongé
- la caudale de forme arrondie.

Les nageoires paires comprennent les pectorales et les ventrales. Les pectorales sont armées d'épine fortement développées ayant une fonction de locomotion et de protection (Photo 1). Ce poisson est capable d'effectuer de longue distance hors de l'eau en rampant au moyen de sa queue et de ses épines pectorales.

Etant donné sa capacité de respirer l'oxygène atmosphérique (grâce à l'organe supra branchial) cette espèce est capable de vivre dans la boue pendant la saison sèche et il peut survivre hors de l'eau pendant quelques heures voir quelques jours fonction de l'humidité du milieu.

Le poisson chat Africain est un poisson benthique à cause de sa vessie natatoire très peu développé. Sur le plan alimentaire le poisson chat Africain est un poisson omnivore étant donnée la diversité de son alimentation (HONADIA ; 1987). Dans le cadre de notre étude nous avons choisi cette espèce car elle est benthique et omnivore.



- Règne: animale
- Phylum: chordates
- Subphylum: vertébré
- Classe : Actinopterygii
- Ordre :Siluriformes
- FamilleClariidae
- Genre: *Clarias*
- 

Source : [http // animaldiversity.org](http://animaldiversity.org)

Photo 1: Le poisson chat Africain.

### 3.1.2 Le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*)

Les Tilapias du Nil appartiennent à la famille des Cichlidae et à l'ordre des Perciformes. Selon Lévêque et al. (1992), les Cichlidae ne possèdent qu'une seule narine de chaque côté. Le corps, est plus ou moins comprimé et recouvert d'écailles cycloïdes ou cténoïdes. Toutes les nageoires sont présentes. C'est une espèce d'eau douce qui s'adapte au milieu saumâtre.

La famille est extrêmement répandue en Afrique où certaines espèces ont un intérêt piscicole important (Lévêque et al., 1992). Dans cette famille nous allons nous intéresser au genre *Oreochromis* et plus précisément à l'espèce niloticus.

Selon Ouédraogo (2000) *O. niloticus* dans le milieu naturel est essentiellement phytoplanctonphage ce qui ne l'empêche pas également d'absorber du zooplancton et même des sédiments riches en bactéries et Diatomées. Soara (2005) ajoute que *O. niloticus* se nourrit aussi de larves et d'insectes. Aussi le même auteur affirme que la chaîne alimentaire de ce poisson est courte.

Soara (2005) décrit le corps d' *O. niloticus* comme étant peu allongé et comprimé latéralement. La ligne latérale, un organe sensoriel, est discontinue, donnant ainsi une ligne latérale supérieure et une ligne latérale inférieure. La ligne latérale supérieure perce 21 à 24 écailles et l'inférieure 14 à 18 écailles. Son principal caractère distinctif des autres espèces d'*Oreochromis* est la présence de rayures verticales blanches et noires sur sa nageoire caudale. Sa nageoire dorsale, grisâtre et formée d'une seule pièce, comprend une partie épineuse présentant 17 ou 18 épines et une partie molle comptant 12 à 14 rayons souples. La Taille maximale observée : 395 mm (Lévêque et al., 1992).

*O. niloticus* est un poisson pélagique car sa vessie natatoire est développée.

Dans le cadre de notre étude nous avons choisi cette espèce car elle est pélagique et phytoplanctonphage.



- Règne : animale
- Phylum : chordates
- Subphylum : vertébré
- Classe : Actinopterygii
- Ordre : Perciformes
- Famille : Cichlidae
- Genre : *Oreochromis*
- Espèce : *Oreochromis niloticus*

Source : [http // animaldiversity.org](http://animaldiversity.org)

Photo 2: Le Tilapia du Nil

## 3.2. MATERIELS TECHNIQUES

### 3.2.1. Matériels de pesée

Une balance électronique de marque SARTORIUS de calibre 2 kg et 0,01 g de sensibilité a servi aux pesées des prélèvements faits sur le matériel biologique. Cette balance a été tarée avant la pesée des prélèvements (photo 3).



Photo 3: Balance électronique

### 3.2.2. Matériels de mesure de longueur

Un ichtyomètre (règle graduée et fixée sur une planche en bois) a servi à la mesure de la longueur standard des poissons (photo 4). La longueur standard est la distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à la base (ou articulation) de la nageoire caudale (Lévêque et *al.*, 1990)



Photo 4: Un ichthyomètre

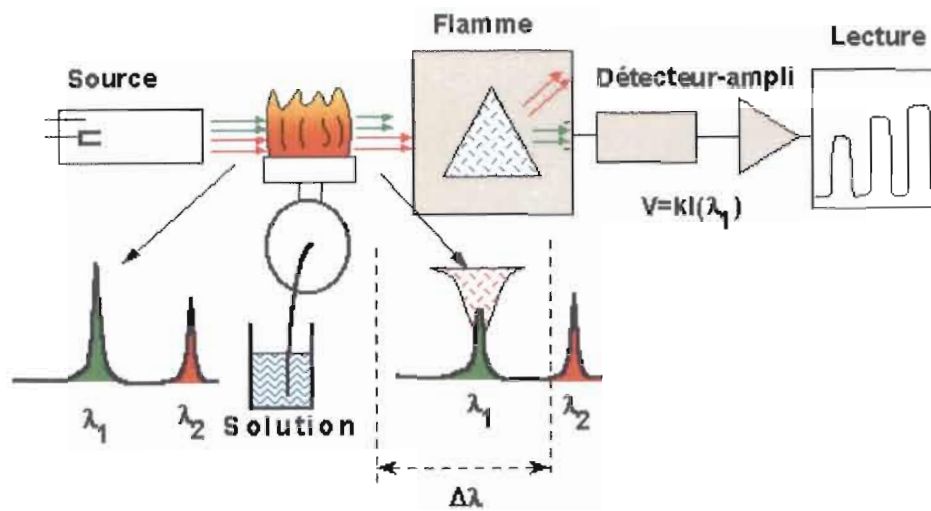
### 3.2.3 Le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (FAAS)

Le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (photo 5) est l'appareil utilisé pour doser les concentrations des différents métaux lourds. L'appareil utilisé est de marque VARIAN AA240FS, alimenté par une flamme air-acétylène à la pression de l'air de 2,5-4 bars et celle de l'acétylène : 0,5-0,6 bar. Le courant d'alimentation était de 4 mA au niveau des lampes à cathode creuse multiéléments pour la recherche des éléments comme le Cadmium (Cd), le Chrome (Cr), le Cobalt (Co) et le Plomb (Pb). Le FAAS est alimenté par le protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) pour la recherche de l'Aluminium avec des lampes mono éléments.



Photo 5: Le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme

La spectroscopie d'absorption atomique est basée sur le principe que les atomes libres peuvent absorber la lumière d'une certaine longueur d'ondes. L'absorption de chaque élément est spécifique, aucun autre élément n'absorbe sa longueur d'ondes. La SAA est une méthode basée sur un élément unique, utilisée pour reconstituer l'analyse des métaux d'échantillons biologiques, métallurgiques, pharmaceutiques et atmosphériques par exemple ([www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)). Le principe de fonctionnement de l'appareil est schématisé ci-dessous (figure 5)



**SCHEMA DE PRINCIPE DE LA SPECTROPHOTOMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE**

Figure 5: Schéma de principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique.

Source : Techniques spectrométriques, Ecole des Mines de Saint-Etienne.

### 3.2.4. Autres matériels techniques

#### 3.2.4.1. Le mortier en porcelaine

Le mortier en porcelaine a été utilisé pour écraser les prélèvements de chair faits sur le matériel biologique (photo 6).



Photo 6: Le mortier en porcelaine



### 3.2.4.2. Un GPS

Un GPS de marque GARMIN (photo 7). a été utilisé pour mesurer les coordonnées et les dimensions des sites (barrage) et les limites des sites maraichers situé au bord de ces barrages (Cf .Figures 3 et 4)



Photo 7: Un GPS

### 3.3. FICHES D'ENQUETE

Des fiches d'enquête ont été conçues pour mener une enquête auprès des maraichers et des pêcheurs qui exploitent les deux barrages cités plus haut (voir annexe)

## IV-METHODOLOGIE

### 4.1- COLLECTE DES INFORMATIONS

Cette collecte a consisté d'abord à une prise de contact avec les différents acteurs, ensuite des visites exploratoires des différents sites enfin une enquête avec des maraichers et des pêcheurs exerçant sur les sites.

Une prise de contact avec les différents acteurs a été effectuée. Elle a consisté à la rencontre d'échanges avec les autorités locales, le personnel des services techniques (Agriculture, élevage, environnement), enfin le personnel des associations qui s'occupent de l'entretien des barrages (comité d'utilisateur). Il s'est agi de présenter, à ces différents acteurs, l'objectif de notre étude et aussi d'aborder les problèmes de pollution existant dans la commune.

Une visite a été effectuée. Cette visite avait pour but d'une part, de connaître et de caractériser le milieu physique de la commune et d'autre part de faire l'inventaire des activités pratiquées autour des barrages. La visite a également été mise à profit pour mieux appréhender les différentes sources potentielles de pollution des eaux des barrages de la commune.

Les enquêtes sur le terrain se sont déroulées du 28 novembre 2014 au 14 janvier 2015. Elles ont concerné les producteurs maraichers exerçant aux abords des deux sites retenues (barrages) ainsi que les pêcheurs exerçant sur les mêmes sites. L'objectif de l'enquête était de connaître l'impact de la pollution sur les poissons.

Pour ce faire, des questionnaires ont été élaborés pour ces acteurs. Le logiciel SPHINX a été utilisé pour l'élaboration des questionnaires. Nous avons pris de manière aléatoire dix producteurs maraichers par site et dix pêcheurs par site.

Un guide d'entretien (Cf. Annexe) a été élaboré à cet effet et a porté sur :

- leurs activités
- l'utilisation des pesticides ;
- des cas de mortalités de poissons
- les périodes de mortalités et les causes ;
- les sources de pollution

Ces questionnaires ont été administrés individuellement

Ensuite nous avons enquêté des pêcheurs (Cf. Annexe) en rapport avec les objectifs spécifiques de l'étude. Le questionnaire adressé aux différents pêcheurs a été axé sur :

- des cas de mortalités de poissons;
- la disparition de certaines espèces de poisson ;
- les périodes de mortalités et les causes ;
- les sources de pollution.

## 4.2-COLLECTE ET CONSERVATION DES ECHANTILLONS DE TISSUS

La collecte des échantillons de poisson chat Africain et de Tilapia du Nil a duré trois mois consécutifs (décembre 2014, janvier et février 2015). Les échantillons ont été prélevés dans les captures de pêcheurs, mis sous glace et transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire où ils sont conservés au congélateur (-20 ou -80 °C). A chaque période (mois), cinq (05) individus par espèces et ont été prélevés (Tableau II). Au total soixante (60) poissons ont été capturés pour notre expérience.

Tableau II: Période et nombre de poissons collectés par site.

Période	SITE				Total/mois
	Nagbangré		Boussouma		
	Poisson chat Africain	Tilapia du Nil	Poisson chat Africain	Tilapia du Nil	
<b>Décembre</b>	5	5	5	5	<b>20</b>
<b>Janvier</b>	5	5	5	5	<b>20</b>
<b>Février</b>	5	5	5	5	<b>20</b>
<b>Total/espèces</b>	15	15	15	15	<b>60</b>

## 4.3-TRAITEMENT DES ECHANTILLONS

### 4.3.1. Préparation des échantillons

Les mensurations (taille) ont été effectuées sur chaque individu. Les individus de Tilapia du Nil ont été écaillés avant d'être disséqués ventralement au même titre que les individus de poisson chat Africain. Le foie de chaque individu a été prélevé. Quant au tissu musculaire, il a été prélevé au tiers moyen (1/3) latéral de chaque individu. Les tissus (foie et muscle) ainsi prélevés (120 au total en raison de deux tissus par poisson) sont mis dans des pots et référencés au congélateur avant les analyses. Chaque échantillon a été écrasé dans un mortier et transféré dans son pot d'origine. L'ensemble des tissus ainsi préparé a été envoyé au Laboratoire de toxicologie, de l'Environnement et de Santé (LATES) de l'université de Ouagadougou pour le dosage et la détermination des teneurs en métaux lourds.

#### **4.3.2. Dosage des teneurs en métaux lourds**

Ce dosage a été effectué par la technique de la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (FAAS). Le cadmium, le plomb, le chrome, le cobalt ont été analysés par la même technique (minéralisation, calibrage et dosage) tandis que l'arsenic a été dosée par une technique plus spécifique. Le protocole est indiqué en annexel

#### **4.4. ANALYSE STATISTIQUE**

L'élaboration des questionnaires et leur analyse a été fait grâce au logiciel SPHINX Millenium version 4.5. Pour le calcul des moyennes et le tracé des histogrammes, nous avons utilisé le logiciel Excel 2007 .Les résultats sont exprimés sous forme de moyennes avec des écarts types. La comparaison des moyennes et les corrélations ont été fait à l'aide du logiciel statistique SPSS version 20 au seuil de signification de  $p= 0,05$ . Les moyennes sont comparées à l'aide du test t de Student-

## V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 5.1 .RESULTATS

#### 5.1.1 Enquête au niveau des producteurs

L'enquête au niveau des pêcheurs nous montre que le poisson chat Africain s et le Tilapia du Nil s sont les espèces les plus pêchées au niveau des deux barrages par rapport aux autres espèces pêchées d'intérêt commercial comme par exemple le capitaine (*Lates niloticus*). Les sources de pollution potentielles rapportées par les producteurs sont les eaux de ruissellement (90% des producteurs) et les pesticides (50% des producteurs) utilisés dans les sites maraichers.

L'enquête au niveau des maraichers montre qu'ils utilisent tous des pesticides dans leur site maraîcher et 70% d'entre eux ont leur site placés à moins de 100 mètres du lit des barrages. Selon l'arrêté conjoint portant réglementation des défrichements agricoles au Burkina Faso (2009), la distance réglementaire est de plus 100 m des berges pour toute activité agricole. 95% des maraichers font l'irrigation et l'eau de drainage ne retourne jamais dans le barrage.

#### 5.1.2. Teneur en métaux lourds dans les organes (foie et muscle) des poissons du barrage de Nagbangré.

##### 5.1.2.1. Teneur en métaux lourds chez les poissons chat Africain

###### ➤ Teneur des métaux lourds dans le foie

Le plomb est le métal qui a une teneur significative, avec une concentration de 32 mg/kg au mois de décembre (Figure 5). Les teneurs des autres métaux sont restés faibles et inférieurs (< 5 mg/kg) pendant la durée de l'étude. La plus faible teneur a été enregistrée avec l'arsenic qui a une teneur de 0,01 mg/kg.

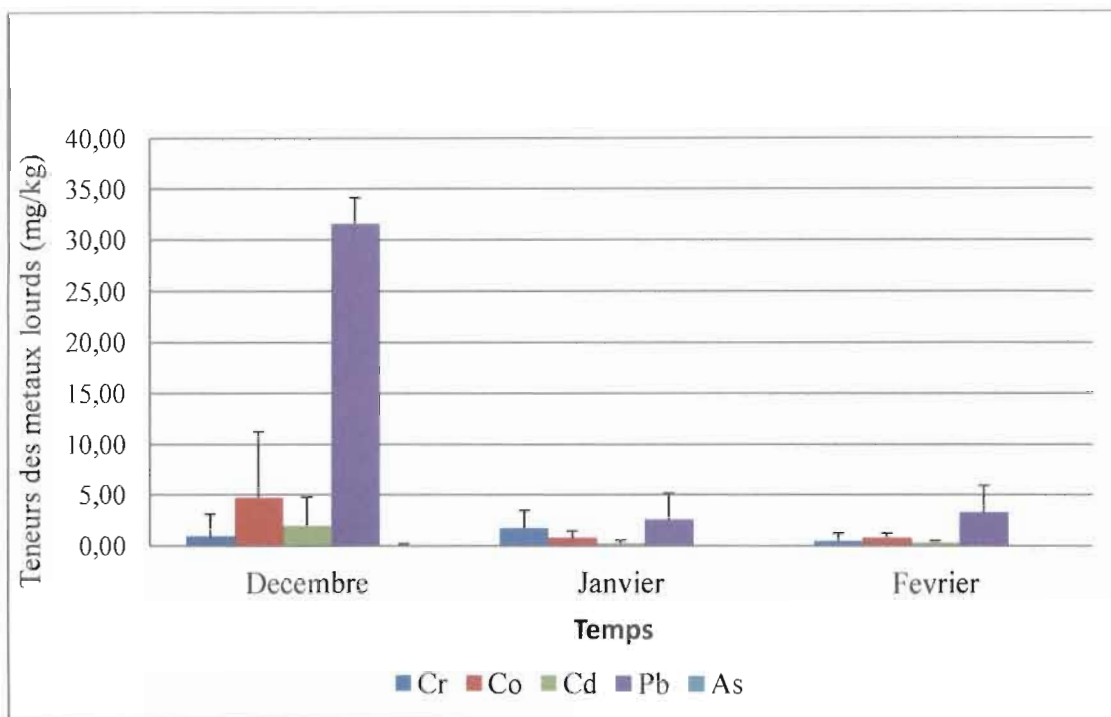


Figure 6: comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du poisson chat Africain de Nagbangré

➤ Teneur des métaux lourds dans le muscle

Le plomb, le cobalt et le cadmium sont quasi présent dans le muscle du poisson chat Africain à des teneurs diverses (Figure 7). Le métal le plus concentré est le plomb qui atteint une concentration supérieure à 32,5 mg/kg en décembre.

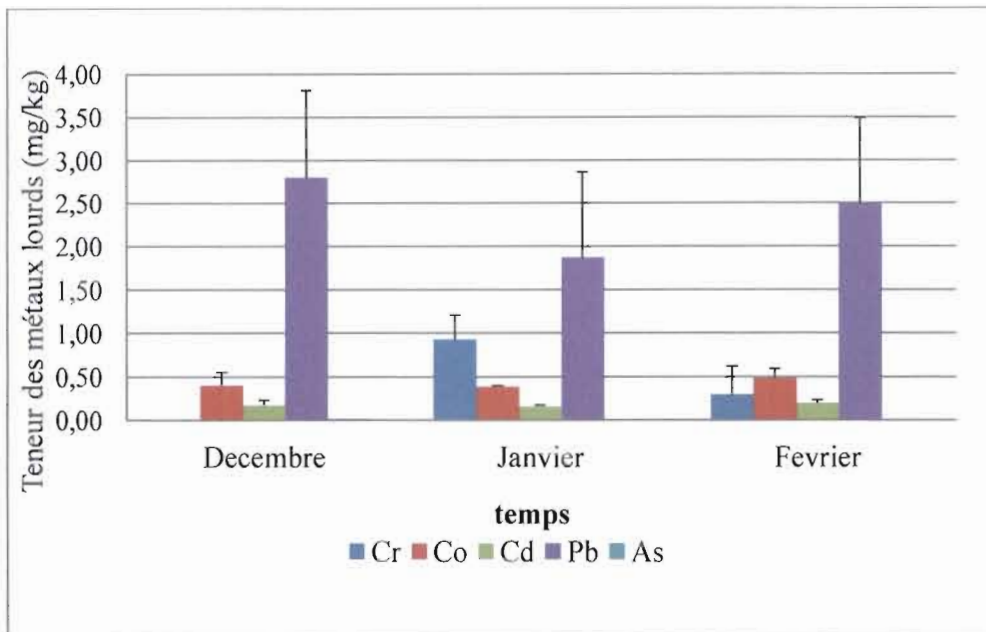


Figure 7: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le muscle du poisson chat Africain de Nagbangré

#### 5.1.2.2. Teneur en métaux lourds chez le Tilapia du Nil

##### ➤ Teneur des métaux lourds dans le foie

Le Tilapia du Nil du barrage de Nagbangré concentre plus le Plomb dans son foie que les autres métaux lourds. La concentration maximale de ce métal est de 26,31 mg/kg au mois de Février. Les autres métaux lourds ont des teneurs inférieures à 5 mg/kg durant la période de l'étude (figure 8).

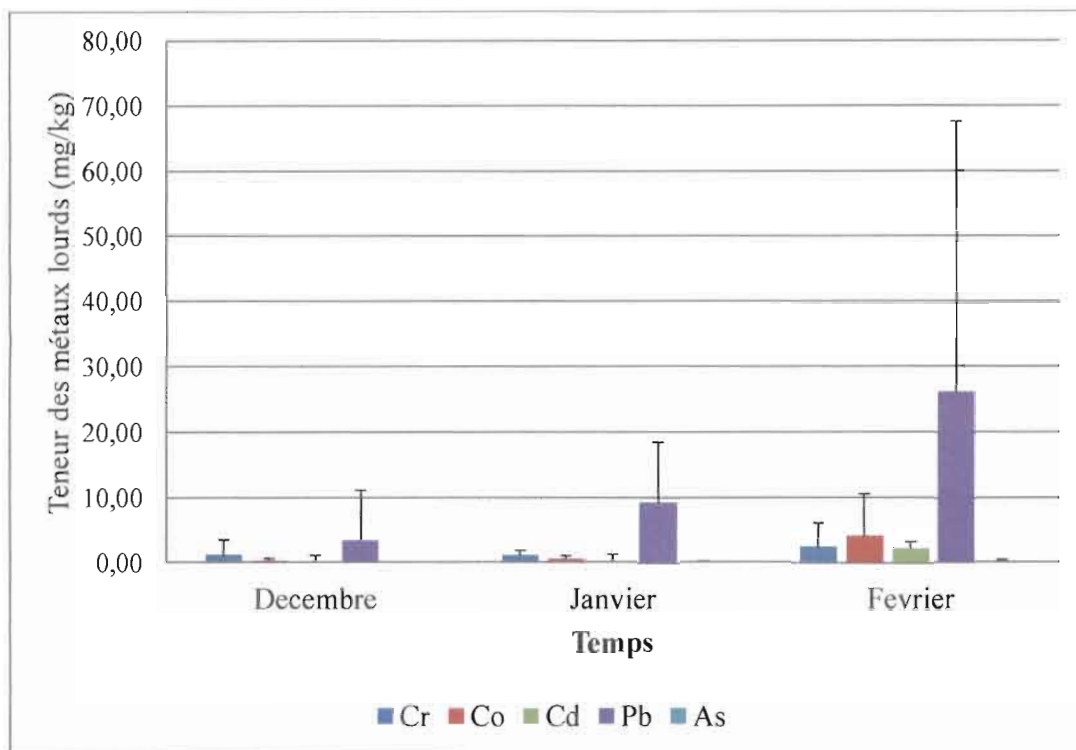


Figure 8: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Nagbangré.

#### ➤ Teneur des métaux lourds dans le muscle

Le Tilapia du Nil présent dans le barrage de Nagbangré accumule plus le Plomb dans son muscle que les autres métaux lourds. Les teneurs maximales voisines de 6 mg/kg sont observées en février. Outre le plomb, le cobalt a été également retrouvé dans tous les échantillons à des concentrations inférieures à 2 mg/kg (figure 9).



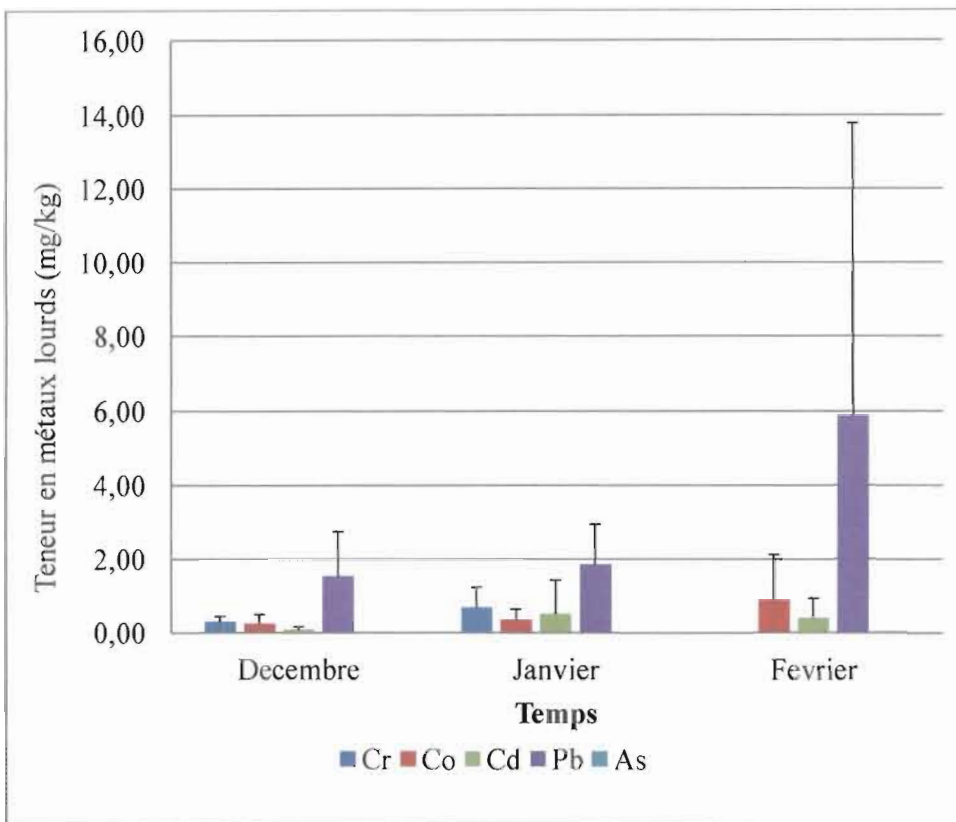


Figure 9: Teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Nagbangré.

### 5.1.3. Teneur des métaux lourds dans les organes (foie et muscle) des poissons du barrage de Boussouma.

#### 5.1.3.1. Concentration des métaux lourds dans les organes (foie et muscle) poisson chat Africain s du barrage de Boussouma

##### ➤ Teneur des métaux lourds dans le foie

Le graphique ci-dessous (figure 10) nous fait remarquer que le foie du poisson chat Africain du barrage de Boussouma accumule plus le Plomb. Le Plomb est beaucoup accumulé au mois de Février. Aussi on remarque que le mois de Janvier, le nombre de métaux lourds accumulés par le foie est élevé. Le plomb est le métal le plus présent dans le foie avec une teneur maximale voisine de 8 mg/kg au mois de février. Les autres métaux sont présents sous forme de trace pendant l'étude (figure 10)

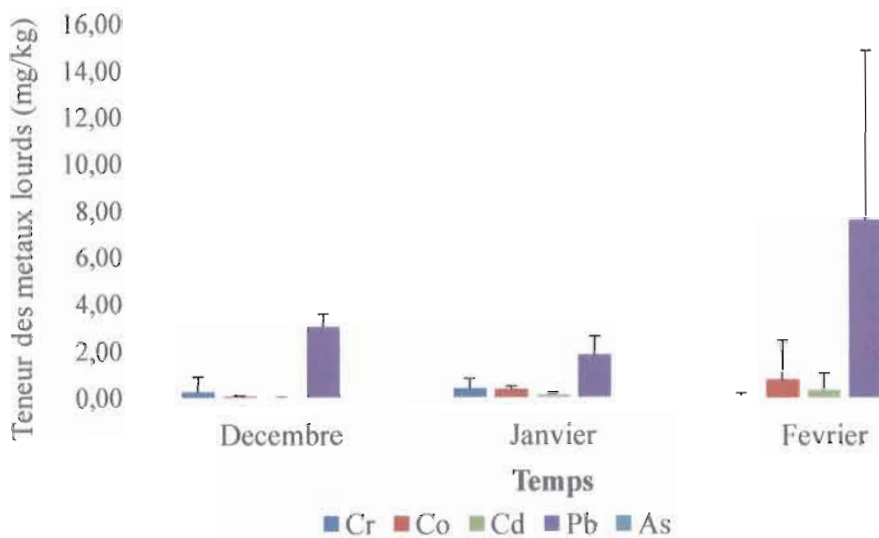


Figure 10: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du poisson chat Africain de Boussouma

➤ Teneur des métaux lourds dans le muscle

Le graphique ci-dessous (figure 11) nous montre que le muscle du poisson chat Africain du barrage de Boussouma accumule plus le Plomb et cela pendant le mois de Décembre. D'autres métaux lourds comme le Chrome, le cobalt, et le Cadmium sont aussi accumulés aux côtés du Plomb mais de concentration inférieure au Plomb. On remarque l'absence du Chrome en Février. Tout comme pour le foie, c'est le plomb qui est le métal le plus présent dans le tissu musculaire à une teneur maximale d'environ 2,8 mg/kg en décembre. Les autres métaux sont présents dans le muscle à des concentrations inférieures à 0,50 mg/kg (Figure 11).

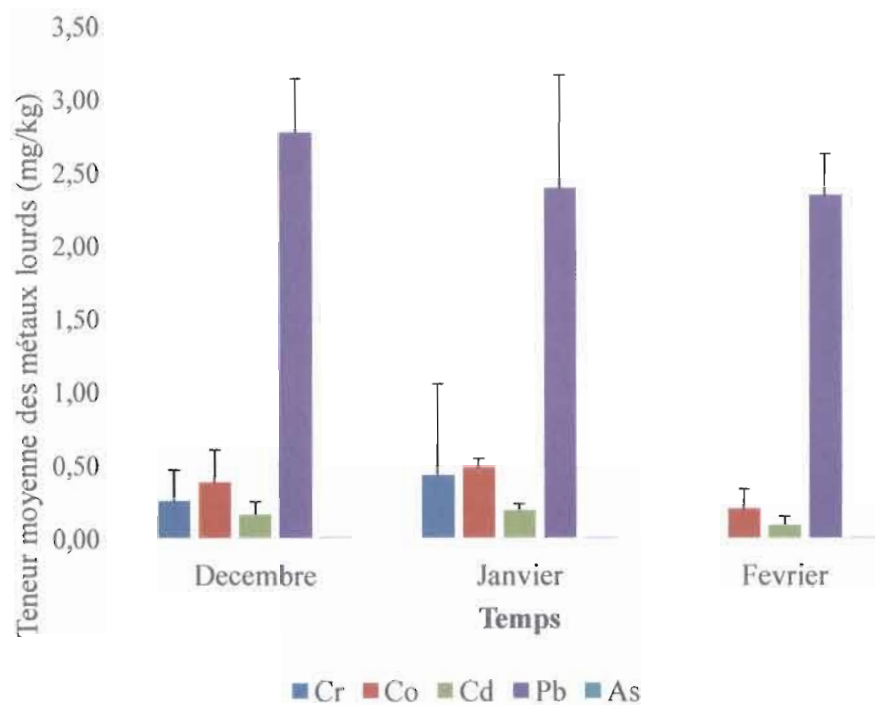


Figure 11: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le muscle du poisson chat Africain de Boussouma

#### 5.1.3.2. Concentration des métaux lourds dans les Tilapia du Nil s du barrage de Boussouma

##### ➤ Teneur des métaux lourds dans le foie

Le plomb a des fortes teneurs dans le foie par rapport à la concentration des autres métaux. Le foie accumule plus le Plomb dans les mois de Décembre et de Février et la teneur de ces mois sont de 40 mg/kg (figure 12).

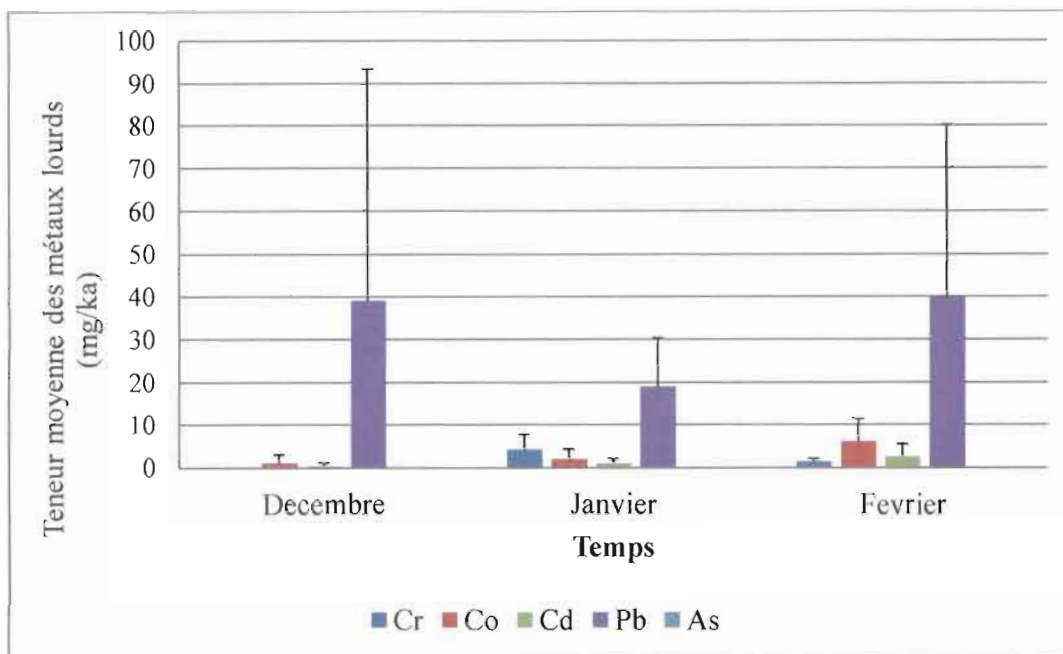


Figure 12: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Boussouma

➤ Teneur des métaux lourds dans le muscle

Le muscle comme le foie a une forte teneur en plomb que les autres métaux lourds. Cette teneur va croissante de Décembre à Février. A côté de la teneur du Plomb nous avons d'autres métaux lourds tels que le Chrome, le Cadmium, le Cobalt qui ont toute des concentrations inférieures à 0,5 mg/kg (fig.13)

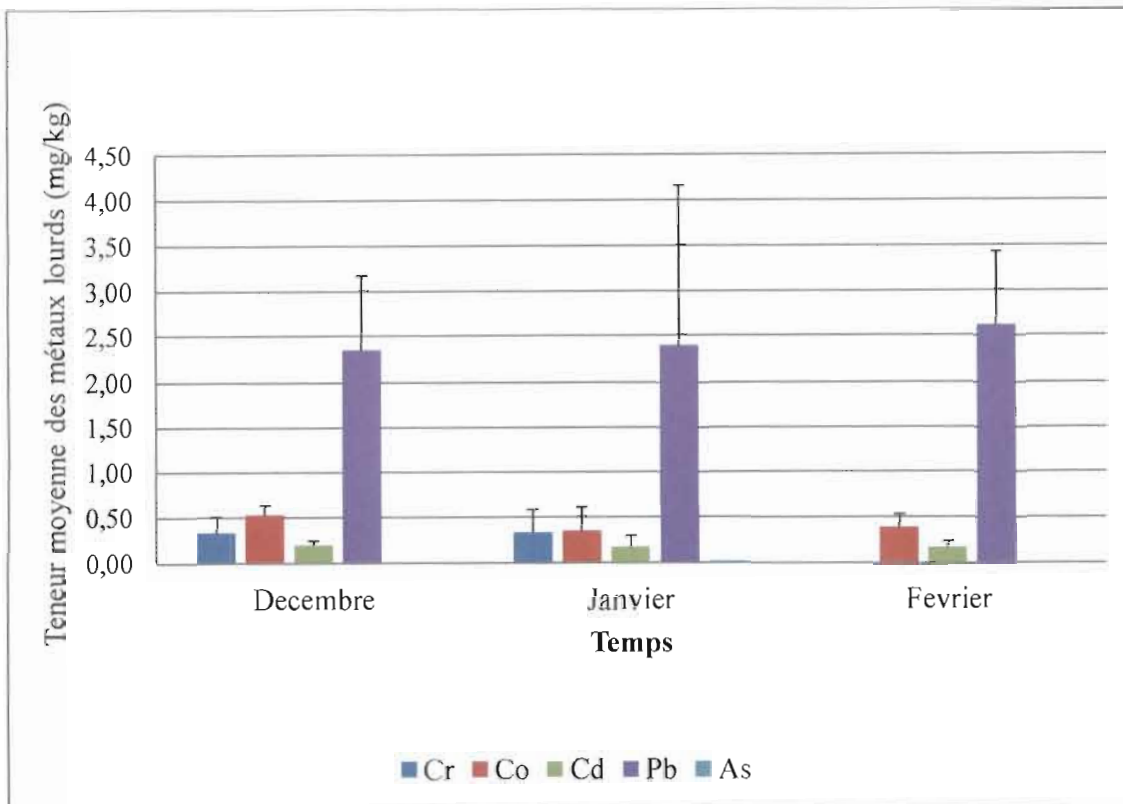


Figure 13: Comparaison de la teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Boussouma

#### 5.1.4. Résultats comparatifs

Au niveau du site de Nagbangré une comparaison des teneurs en métaux lourds dans le foie montre que les Tilapia du Nil présentent des fortes teneurs que le poisson chat Africain, l'inverse se passe dans la teneur en cobalt. Cette comparaison est similaire au niveau des muscles sauf la teneur du chrome qui est plus concentrée chez le poisson chat Africain (Tableaux III).

Au niveau du site de Boussouma une comparaison des teneurs en métaux lourds dans le foie montre que les Tilapia du Nil s présentent des fortes teneurs que le poisson chat Africain. Cette comparaison est similaire au niveau des muscles (Tableaux IV).

Une comparaison au niveau des organes des poissons chat Africain des deux sites montre que les poissons chat Africains de Nagbangré ont des fortes teneurs de métaux lourds dans leurs foies et muscles que les poissons chat Africains de Boussouma (Tableaux III et IV).

Une comparaison au niveau des organes des Tilapias du Nil des deux sites montre que les Tilapias du Nil de Boussouma ont des fortes teneurs de métaux lourds dans leurs foies et muscles que les Tilapias du Nil de Nagbangré (Tableaux III et IV).

Les analyses statistiques (Corrélation de Pearson) montrent l'existence d'une corrélation non significative ( $P > 0,05$ ) entre la teneur en métaux lourds et les sites.

La comparaison de la teneur des métaux lourds dans les tissus montre le foie concentre plus les métaux lourds que le muscle et cela quel que soit le site (Tableaux III et IV). Cela est dû au fait que le foie est un organe épurateur de l'organisme. Les analyses statistiques (Corrélation de Pearson) montrent l'existence d'une corrélation significative ( $P < 0,05$ ) entre la teneur en métaux lourds et les organes.

Une comparaison des concentrations des métaux lourds montre que le plomb est le métal qui a la plus forte teneur suivie du cobalt et du chrome et cela quel que soit les organes, l'espèce et le site (Tableaux III et IV).

Tableau III: Teneur des métaux lourds dans les organes (foies et muscles) des poissons capturés dans le barrage de Nagbangré.

Espèce/Organe	Métaux lourds (mg/kg)				
	Cr	Co	Cd	Pb	As
<b>poisson chat Africain</b>					
<b>Foie</b>	1,11	2,14	0,89	12,54	0,01
<b>Muscle</b>	0,41	0,43	0,18	2,39	0,01
<b>Tilapia du Nil</b>					
<b>Foie</b>	1,58	1,65	0,70	13,01	0,08
<b>Muscle</b>	0,33	0,5	0,33	3,09	0,02

Tableau IV: Teneur des métaux lourds dans les organes (foies et muscles) des poissons capturés dans le barrage de Boussouma.

Espèce/Organe	Métaux lourds (mg/kg)				
	Cr	Co	Cd	Pb	As
<b>poisson chat Africain</b>					
<b>Foie</b>	0,24	0,42	0,18	4,16	0,02
<b>Muscle</b>	0,2	0,36	0,15	2,51	0,01
<b>Tilapia du Nil</b>					
<b>Foie</b>	1,85	3,12	1,36	32,69	0,18
<b>Muscle</b>	0,22	0,43	0,18	2,46	0,02

## 5.2. DISCUSSION

La présente étude a révélé la présence de métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques dulçaquicoles du Burkina Faso et plus précisément dans les retenues d'eau de la commune de Koubri (Région du Centre). La même étude vérifie par ailleurs, la contamination des poissons, Tilapia du Nil et poisson chat Africain, chez lesquels les métaux sont retrouvés dans des proportions variables dans les tissus hépatiques et musculaires. Les probables sources de contamination des écosystèmes aquatiques et de la chaîne alimentaire sont représentées par les pratiques agricoles sur les berges et dans le bassin versant des dites retenues. Les poissons, Tilapia du Nil et poisson chat Africain, ont été choisis d'une part en raison de leur importance socio-économique dans les captures et d'autre part en raison de leur régime alimentaire. En effet, le Tilapia du Nil est une espèce planctophage tandis que le poisson chat Africain est omnivore et benthophage. Les métaux retenus pour notre étude sont généralement et couramment recherchés et suivis par les services de santé publique chargés du contrôle de la qualité des aliments. Les services de protection de l'environnement suivent également leur présence dans la nature en raison des dommages qu'ils peuvent apporter à la qualité des écosystèmes.

L'étude a connu des insuffisances et des limites de divers ordres dont les principales sont ici évoquées. En effet, l'étude ne s'est pas intéressée à l'eau, support de la contamination des poissons à travers la chaîne trophique. La détermination de la concentration environnementale en contaminants aurait permis d'avoir une idée de la bioconcentration. Le facteur associé à cette bioconcentration traduit le rapport entre la concentration interne en métaux lourds dans l'organisme vivant et la concentration environnementale (eau) en contaminants (Youssao et al., 2011). La deuxième limite de l'étude est en relation avec le temps de collecte des échantillons qui n'a duré que trois mois, et pendant la saison sèche froide. Il convient de souligner que la zone d'étude connaît une forte activité agricole et la pêche n'est qu'une activité secondaire intervenant après la mise en route des cultures maraichères. Enfin, le coût des analyses était assez élevé, ce qui a limité le nombre d'échantillons à collecter. En dépit des limites ci-dessus évoquées, notre étude qui est une première au Burkina Faso pose la problématique de la qualité écosystèmes de production aquatiques et de leurs impacts sur les produits halieutiques. La présence des métaux lourds et des pesticides dans les écosystèmes aquatiques, marins, saumâtres et dulçaquicoles a été rapporté par de nombreux auteurs (Vyncke et al., 1984 ; Foxall et al., 2000 ; Katemo Manda et al., 2010 ; Youssao et al., 2011 ; Onivogui et al., 2013). Les sources de la pollution de ces écosystèmes aquatiques sont très variées. Les enquêtes conduites au cours de notre étude indexent les eaux de ruissellement et les pratiques

comme principales sources de pollution des milieux aquatiques. Ces résultats sont corroborés par ceux de Youssao et al. (2011) au Bénin..

La présence de métaux lourds chez le Tilapia du Nil (poisson herbivore) a été constaté chez certains auteurs. Ainsi pour le cadmium notre valeur trouvée au niveau du foie est supérieure à celle de Kayalto (2009) qui est de 0,45 mg/kg pour le foie *Oreochromis niloticus* pêché dans le lac Tchad..

Au niveau du muscle notre valeur est supérieure à celle trouvée par Biney et al (1995) qui est de 0,004 mg/kg sur des muscles de Tilapia (*Tilapia spp.*) pêchés sur les lacs Idku et Mariout en Egypte. Le résultat de Biney et al. (1995) ne nous dit pas le nombre d'échantillon utilisé. Notre valeur est supérieurs à celui de NOLASCO ARAUJO (2013) qui a trouvé dans la chaire du meunier noir (*Catostomus commersonii*) pêché dans le fleuve Saint-Laurent au QUEBEC (Canada) une valeur 0,054 mg/kg. Les résultats de NOLASCO ARAUJO (2013) ne nous situent pas sur la méthode d'analyse utilisée pour détecter les métaux. Nos valeurs sont inférieures à celles de Katemo Manda et al. (2010) qui ont trouvé dans le muscle d'*Oreochromis macrochir* une teneur maximale (1,3 mg/kg). Nos valeurs sont supérieurs à celles des mêmes auteurs qui ont trouvé dans les muscles de *T. rendali* une teneur maximale (0,10 mg/kg). La différence nos travaux avec Katemo Manda et al. (2010) réside à la méthode d'analyse des métaux lourds. Ces derniers ont utilisé la méthode d'analyse ICP-MS. Notre résultat est supérieur à la dose maximale préconisée par l'ABNORM qui est 0,05 mg/kg pour la chaire de poisson.

Pour la présence du plomb notre résultat est inférieur à celui de Kayalto (2009) qui a trouvé une teneur en plomb de 15,14 mg/kg dans la chaire d'*Oreochromis niloticus* pêchés dans le lac Tchad ; il est supérieur à celle trouvée par Biney et al. (1995) qui est de 0,67 mg/kg sur des muscles de Tilapia (*Tilapia spp.*) pêchés sur les lacs Idku et Mariout en Egypte. Notre valeur est supérieur à celui de Nolasco Araujo (2013) qui a trouvé dans la chaire du meunier noir (*Catostomus commersonii*) pêché dans le fleuve Saint-Laurent au Québec (Canada) une valeur 0,1 mg/kg. Notre résultat est supérieur à la dose maximale préconisée par l'ABNORM qui est 0,2 mg/kg pour la chaire de poisson.

Pour la présence de l'Arsenic dans les muscles, notre valeur est sensiblement inférieure à celle trouvé par Biney et al. (1995) qui est de 0,031 mg/kg dans les muscles de *Tilapia spp.* pêchés dans les Lacs Idku, Mariout (Egypte). Notre résultat est aussi inférieur à la dose maximale préconisée par l'ABNORM qui est 0,2 mg/kg pour la chaire de poisson.

La présence de métaux lourds chez le poisson chat Africain (poisson omnivore) a été constatée chez certains auteurs. Pour la présence du cadmium dans le muscle notre résultat est sensiblement supérieur à celle trouvé par Katemo Manda et al. (2010) dont la teneur maximale a été évaluée à 0,02 mg/kg pour la même espèce (*Clarias gariepinus*). La différence avec nos travaux réside à la méthode d'analyse des



métaux lourds (ICP-MS). Notre résultat est aussi supérieurs à celui de Nolasco Araujo (2013) qui a trouvé dans la chaire des perchaudes (*Perca flavescens*) pêchés dans le fleuve Saint-Laurent à Québec (Canada) une valeur 0,003 mg/kg. Nolasco Araujo (2013) n'a pas précisé les méthodes d'analyse des métaux lourds. La différence montre que nos poissons chat Africains accumulent plus le Cadmium que les perchaudes. Notre résultat est supérieur à la dose maximale préconisée par l'ABNORM qui est 0,05 mg/kg pour la chaire de poisson.

Pour la présence du plomb dans le muscle, notre résultat est supérieur à celui de Katemo Manda et *al.* (2010) qui a trouvé une teneur maximale en plomb de 0,28 mg/kg chez le poisson chat Africain pêché dans les eaux du bassin de la Lufira supérieure en RD Congo. Cette différence de résultat est peut-être due à la méthode d'analyse utilisée pour détecter les métaux lourds (ICP-MS) Notre résultat est supérieurs à celui de Nolasco Araujo (2013) qui a trouvé dans la chaire des perchaudes (*Perca flavescens*) pêchés dans le fleuve Saint-Laurent au Québec (Canada) une valeur 0,1mg/kg. Notre résultat est supérieur à la dose maximale préconisée par l'ABNORM qui est 0,2 mg/kg pour la chaire de poisson.

Pour la présence de l'arsenic dans les muscles notre résultat est inférieur à celui de Katemo Manda et *al.* (2010) qui a trouvé une teneur maximale en arsenic de 2,55 mg/kg chez le poisson chat Africain pêché dans les eaux du bassin de la Lufira supérieure en RD Congo. Notre résultat est inférieur à la dose maximale préconisée par l'ABNORM qui est 0,2 mg/kg pour la chaire de poisson.

Notre travail gagnera à être poursuivi sur des plans d'eau proches des zones minières (surtout artisanale). Car le traitement des produits miniers exige beaucoup d'eau et des produits chimiques à l'occurrence les métaux lourds. Cela nous permettra de voir l'impact de la pollution des métaux lourds sur les plans d'eau.

## CONCLUSION/RECOMMADATION

Ce travail de recherche que nous avons mené est relativement original. Il a porté sur l'évaluation de la teneur en métaux lourds dans les tissus de deux espèces de poissons dans les plans d'eau de la commune de Koubri. Les résultats obtenus après analyse de nos échantillons, nous permettent de conclure que :

- Les poissons ( Tilapia du Nil et poisson chat Africain ) pêchés dans les deux barrages (Nagbangré et Boussouma) de la commune rurale de Koubri sont contaminés par le cobalt (Co), l'Arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr) et le plomb (Pb);
- Le foie accumule plus les métaux lourds que les muscles ;
- Le plomb est le métal lourd qui a la plus forte concentration dans les poissons au niveau deux barrages ;
- La teneur de certains métaux lourds comme le plomb et le cadmium dans nos échantillons dépasse la norme des teneurs en métaux lourds établie par l'ABNORM ;
- La consommation quotidienne des poissons des barrages de Nagbangré et Boussouma, expose les consommateurs a des risques élevés pour leur santé car les teneurs en ces métaux sont au de la des normes précitées ;
- Le risque d'accumulation de ces métaux dans l'organisme humain est réel à travers l'alimentation

En termes de perspectives au vu des résultats atteints, nous estimons qu'il serait pertinent de :

- Refaire des études en analysant l'eau, afin d'avoir une conclusion certaine, quant a la contamination de ces eaux par les métaux lourds qui n'a pas été analysée pour des raisons budgétaires;
- Respecter les limites de la bande de servitude de 100 mètres sur le pourtour des cours d'eau par les maraichers car notre enquête révèlent que 70% des maraichers ont leurs parcelles situé moins de 100m du lit des barrages ce qui peut être des sources de pollution lors de le montée des eaux sur ces parcelles et entrainer l'ensablement des barrages ;
- Eviscérer les poissons avant la consommation cela contribue à réduire la concentration en métaux lourds ;
- Faire une étude de sante chez les riverains des différents barrages qui consomment quotidiennement du poisson, contaminé par le cobalt, le chrome, le cadmium, le plomb et l'arsenic.

- Renforcer la capacité des comités locaux de l'eau en vue d'une sensibilisation de leur membre au respect des normes environnementales et des textes en vigueur concernant l'eau.

Au terme de cette étude, nous recommandons à l'Etat Burkinabé ce qui suit :

- Une mise en place d'une structure de récupération et de traitement des emballages vides (surtout les emballages vides des produits phytosanitaires) ;
- Une mise en place d'une structure de récupération des piles et batteries usées, sources de cadmium et de plomb ;
- Une mise sur pied d'un organe de contrôle et de surveillance de la qualité des eaux des barrages afin de prévenir la pollution ou d'alerter l'opinion en cas de forte pollution ;
- L'application du principe de pollueur-payeur et surtout faire obligation à toute personne voulant travailler aux abords des plans d'eau de respecter les normes environnementales ;
- Appliquer la réglementation en vigueur en matière de dégradation de l'environnement ;
- Orienter la recherche sur des produits phytosanitaires moins polluants ;
- Inciter les agriculteurs à choisir les produits efficaces et moins polluants.
- Doter les CLE et les accompagner dans l'atteinte de leur mission au niveau local.

Cette étude a mené à des résultats intéressants pour la science mais un important travail de recherche reste à faire pour les approfondir et les rendre véritablement utiles à l'homme dans sa vie de tous les jours.

## BIBLIOGRAPHIE

**Agence Burkinabè de Normalisation de Métrologie et de la Qualité ;(2009).** Norme de spécification des teneurs maximales pour le plomb et le cadmium dans les produits de pêches -NBF01-058 :2009 ; 3p.

**Agence Burkinabè de Normalisation de Métrologie et de la Qualité ; (2009)** .Norme de spécification des niveaux à respecter pour l'arsenic dans les produits de pêches -NBF01-060 :2009 ; 2p.

**Anonyme, 2002.** Environnement, Risques & Santé.,. Volume 1, Numéro 1, 42-49

**Anonyme, 2002.** Intoxication aux métaux lourds. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement. Rapport technique. Bruxelles- Belgique.7p.

**Beaulne J.S., 2008.**Modélisation de la présence de mercure dans la chair des brochets et des dorés des lacs les plus pêchés de l'Abitib-Témiscamingue: une approche par les systèmes d'information géographique ; Mémoire. 109p.

**Bonzon A. et Breuil C., 1992.** Propriétés pour l'aménagement et la planification du développement des pêches continentales dans la région du sahel. FAO. Rapport sur la pêche no 481 ; 133 p.

**Burkina Faso, 2001.** Loi n°002-2001/AN portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau, 13p.

**Burkina Faso, 2006.** Décret n°2006-590/PRES/PM/MAHRH/MECV/MRA du 6 décembre 2006 portant protection des écosystèmes aquatiques 4p.

**Burkina Faso, 2009.**Arreté conjoint n°2009-073/MECV/MAHRH portant réglementation des défrichements agricoles au Burkina Faso.

**Caudron A. 2006.** Première évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune (*Salmo trutta*) sur le bassin de l'Arve. 11p.

**Commune Rurale de Koubri, 2008.** Plan communale de développement de Koubri, 65 p.

**Commune Rurale de Koubri, 2010.** Plan communale de développement sectoriel en approvisionnement en eau potable et assainissement de Koubri (PCD-AEPA) 2011- 2015, 107p.

**Cook J.M., Vicente N. (s d).**Ulcération des poissons et mammifères marins enquête épidémiologique sur les poissons du littoral Provençal. Université de Droit, d'Economie et des Sciences D'Aix Marseille III. 17p.

**Coulibaly N.D., 2000.** Revue de l'ichtyofaune des Hauts-bassins de la Volta au Burkina Faso : zoologie, distribution et intérêt. Science et technique, série Sciences naturelles et agronomique, vol 24 (2), 105-119

**Foxall C., Chale F., Bailey-Watts A. Patterson G. & West K., 2000.** Les pesticides et les métaux lourds dans les poissons et les mollusques du Lac Tanganyika. Etude Spécialisée de Pollution. 16p

**Gaujous D., 1998.** La pollution des milieux aquatiques. Aides mémoires. Paris-France.220p

**Hammami.,2010.** La pollution des eaux par les métaux lourds. Les IIIème Olympiades Tunisiennes de Chimie. Communication Scientifique. Tunis-Tunisie. 30p.

**Honadia M.,1987.** Contribution à l'étude de la biologie de *Clarias anguillaris*: données préliminaire sur la croissance, la reproduction, et l'alimentations dans trois sites du Nazinon (ex. Volta rouge). Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option: Eaux Et Forêts ; UPB, IDR, Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 94p.

**Huchet P., 2009.** Etude complémentaire au diagnostic DCE sur le lac de référence d'Anterne :- Etude de la contamination toxique dans les poissons de deux lacs d'altitude, comparaison avec les grands lacs alpins 15p.

**Katemo Manda B., Colinet G., André L., Chocha Manda A., Marquet J.-P. & Micha5 J.-C., 2010.** Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo). TROPICULTURA, 28, (4) ; 246-252

**Kayalto B., 2009.** Contribution à l'évaluation de la contamination par les métaux lourds, de trois espèces de poissons, des sédiments et des eaux du lac TCHAD. Mémoire de DEA; Université de Ngaoundéré: (Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-industrielles) Ngaoundéré, Cameroun-74p.

**Lévêque C., Paugy D., Teugels G. G., 1990.** Faune des poissons d'eaux douces et saumâtre de l'Afrique de l'Ouest. ORSTOM /MRAC Tome 1. Ed. 386p.

**Lévêque C., Paugy D., Teugels G. G., 1992.** Faune des poissons d'eaux douces et saumâtre de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. Ed. ORSTOM /MRAC. 521p.

**Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, 2011** Mise à jour des données sur les retenues d'eau de surface- rapport technique, Ouagadougou, Burkina Faso, MAHRH, 35 p

**Nolasco Araujo R., 2013.** Evaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés organiques persistants chez des poissons d'intérêt sportif du fleuve Saint-Laurent au Québec. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.) Université de Sherbrooke ; CANADA, 72p.

**Onivogui G., Balde S., Bangoura K. et Barry M.K., 2013.** Évaluation des risques de pollution en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Co, Ni, Zn) des eaux et des sédiments de l'estuaire du fleuve Konkouré (Rep. de Guinée). Afrique SCIENCE 09(3) : 36 – 44

**Ouédraogo S., 2000.** Biologie de reproduction du Tilapia: *Oreochromis niloticus* du lac de barrage de la Comoé. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option: Eaux Et Forêts ; UPB, IDR, Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 57p.

**Picot A., 2002..** Le trio mercure, plomb, cadmium. Les métaux lourds : de grands toxiques. Cours de chimie ; Paris-France, 8p.

**Soara A. E.,** Caractérisation génétique des populations d'*Oreochromis niloticus* du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option: Eaux Et Forêts ; UPB, IDR, Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 53p.

**Vyncke W., Guns M., De Clerck R., Van Hoeyweghen P., 1984.** La teneur en métaux lourds dans les soles pêchées en Mer du Nord et en Mer d'Irlande : 10 années de recherches (1973- 1982). Revue de l'Agriculture no 5. Vol. 37. 1179-1184

**Youssao A., Soclo H. H., Bonou C. et FAYOMI B., 2011.** Evaluation de la bioaccumulation du plomb dans les espèces animales marines et identification des sources de contamination métallique par une analyse multi élémentaire en métaux (Al, Cd, Cr, Cu, Pb) dans les eaux côtières du Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences 5(1). 188-195

## WEBOGRAPHIE

**Biney C., Amuzu A.T., Calamari D., Kaba N., Mbome I.L., Naeve H., Ochumba O., Osibanjo O., Radeconde V. et Saad M.A.H. 1995,** Etude des métaux lourds. Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain [En ligne], sans date de mise en ligne, consulté le 2014-12-15. URL : <http://www.fao.org/docrep/005/v3640f/V3640F04.htm>

**Di B., Anfossi S., Billiard E., Bonnet M., Henriot F., Kraemer F., Lechenne L., Le Herissier M., Lorin S., 1997.** Dossier SAM 1997, les métaux lourds. Méthode spectrométriques d'analyse et de caractérisation, 49 p. [En ligne]. Consulté le 14 Septembre 2014.  
URL: <http://spin.minesstetienne.fr/sites/default/files/metlourd.pdf>

**Directive 2000/60/CE** du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Sans date de mise en ligne. Consulté le 5 Février 2015. URL : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32000L0060>

<http://www.e-sante.fr/zoom-sur-cet-oligoelement-chrome/2/actualite/1702#paragraphe4>, consulté le 2015-02-27

<http://www.retourvital.com/Metaux.php>, consulté le 2015-09-03

<http://www.cnrs.fr>, consulté le 20 septembre 2014

[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index_fr.htm), consulté le 01 Octobre 2014

<http://animaldiversity.org/>, consulté le 26 Janvier 2015

[http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS\\_193f.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS_193f.pdf), consulté le 5 janvier 2015

<http://www.nutranews.org/> consulté le 19 février 2015

<http://www.portail-environnement.com/>, consulté le 16 Décembre 2014

<http://www.lenntech.fr/francais/chrome-environnement.htm> consulté le 19 Juillet 2015

<http://www.écotoxicologie.fr/>, consulté le 15 Novembre 2015

<http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/dico/d/chimie-spectrometrie-absorption-1980/> consulté le 15 Novembre 2015

<http://www.fishbase.org/> consulté le 16 Novembre 2015

## ANNEXES

### Annexe 1 :Analyse chimique des métaux lourds

L'analyse du Cadmium(Cd), Plomb (Pb), Chrome(Cr), Cobalt (Co) (Minéralisation)

La méthode de minéralisation utilisée est la méthode par voie humide qui consiste à digérer la matière organique en milieu acide. Cela a consisté à :

- Peser 1g de l'échantillon,
- Ajouter 5ml de l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) concentré
- Laisser l'échantillon à température ambiante ( $30^\circ$ -  $40^\circ$ ) pour la minéralisation pendant 24 heures.
- courbe de calibration

La courbe de calibration a été faite à partir d'une solution mère étalon de 1000 mg/l pour chaque élément (Cd, Pb, Cr, Co). Une solution de travail 100 mg/l a été préparé selon la loi de la dilution. ( $C_1V_1=C_2V_2$ ) Nous avons ainsi prélevé 10 ml de la solution mère étalon de 1000 mg/l de Cd, Pb, Cr et du Co dans une fiole de 100 ml plus 1ml de  $\text{HNO}_3$  et compléter avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Quatre points de calibration de 0, 2, 4, et 8 ont été préparé à partir de la solution de travail dans des fioles de 100ml selon le tableau ci-dessous

N° fiole	Volume à pipeter (ml)	Concentration (mg/l)
1	0	0
2	2	2
3	4	4
4	8	8

#### Analyse

Pour ces métaux l'analyse a été faite en le mode flamme l'air/acétylène ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) avec des longueurs d'onde de Cd, Pb, Co, Cr respectivement de 228.8 nm, 217 nm, 240.7 nm, 357.9 nm.

La quantification est basée sur la méthode du standard externe à partir des différentes courbes de calibration. Les valeurs ont été ramenées à l'unité de masse des échantillons qui est le mg/kg

#### 4.4.1.2.L'Analyse de l'Arsenic

##### Minéralisation

La méthode de minéralisation utilisée est la méthode par voie humide qui consiste à digérer la matière organique en milieu acide. Cela a consisté à :

- Peser 1g de l'échantillon,
- Ajouter 5ml de l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) concentré
- Laisser l'échantillon à température ambiante ( $30^\circ$ -  $40^\circ$ ) pour la minéralisation pendant 24 heures.

##### courbe de calibration

La courbe de calibration a été faite à partir d'une solution mère étalon de 1000 mg/l d'Arsenic. A partir de cette solution mère, une solution de travail de 100  $\mu\text{g/l}$  a été préparée selon la loi de dilution. Quatre points de calibration ont été préparés comme suit :

- Placer successivement 0, 5, 10, 25 ml de la solution d'arsenic à 100  $\mu\text{g/l}$  dans 4 fioles de 100 ml ;
- Ajouter dans chaque fiole 10 ml d'iodure de potassium à 10% ;
- Ajouter 10 ml d'acide chlorhydrique concentré ;
- Laisser au repos pendant une heure ;

Ajuster à 100 ml avec de l'eau déminéralisée

Digestion et réduction

L'analyse de l'arsenic par absorption atomique en mode hydrure nécessite une réduction de l'arsenic V en arsenic III. Pour cette étape il a été procédé comme suit :

Prélèvement 20 ml de solution de l'échantillon dans une fiole de 100 ml

Ajout dans chaque fiole 10 ml d'iodure de potassium à 10% ;

Ajout de 10 ml d'acide chlorhydrique concentré ;

Le repos pendant une heure ;

L'ajustement 100 ml avec de l'eau déminéralisée

Analyse

Les analyses ont été réalisées en mode hydrure. Les vapeurs froides sont produites à partir d'un générateur d'hydrure en présence du borohydrure de sodium ( $\text{NaBH}_4$ ) à 0.6% et de l'acide chlorhydrique à 10%

La quantification est basée sur la méthode du standard externe à partir des différentes courbes de calibration. Les valeurs ont été ramenées à l'unité de masse des échantillons

**Annexe2 :** Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie du poisson chat Africain de Boussouma en fonction du Temps

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Boussouma en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	0±0,00	4,16±0,00	1,39±0,69
Co	1,18±1,69	2,05±1,69	6,14±5,15
Cd	0,48±0,64	0,95±0,63	2,67±2,65
Pb	39,16±54,11	19,06±54,11	39,85±40,30
As	0,17±0,17	0,14±0,17	0,22±0,24

**Annexe3 :** Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le muscle du poisson chat Africain de Boussouma en fonction du Temps.

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le muscle du poisson chat Africain de Boussouma en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	0,15±0,21	0,44±0,62	0,00±0,00
Co	0,39±0,22	0,49±0,06	0,20±0,13
Cd	0,17±0,08	0,19±0,04	0,09±0,06
Pb	2,78±0,36	2,40±0,76	2,35±0,28
As	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00



**Annexe4 :** Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Boussouma en fonction du Temps.

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Boussouma en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	0±0,00	4,16±0,00	1,39±0,69
Co	1,18±1,69	2,05±1,69	6,14±5,15
Cd	0,48±0,64	0,95±0,63	2,67±2,65
Pb	39,16±54,11	19,06±54,11	39,85±40,30
As	0,17±0,17	0,14±0,17	0,22±0,24

**Annexe5 :** Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Boussouma en fonction du Temps.

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Boussouma en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	0,34 ±0,18	0,34 ±0,29	0,00 ±0,00
Co	0,53 ±0,09	0,36 ±0,25	0,39 ±0,14
Cd	0,19 ±0,05	0,18 ±0,11	0,18 ±0,06
Pb	2,35 ±0,82	2,41 ±1,75	2,63 ±0,79
As	0,01 ±0,01	0,02 ±0,01	0,02 ±0,01

**Annexe6 :** Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie du poisson chat Africain de Nagbangré en fonction du Temps

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie d poisson chat Africain de Nagbangré en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	0,99±2,09	1,81±1,64	0,53±0,68
Co	4,78±6,41	0,8±0,73	0,83±0,37
Cd	2,01±2,79	0,31±0,26	0,34±0,16
	31,6±41,83	2,64±2,61	3,39±2,57
As	0,02±0,21	0,01±0,01	0,01±0,01

**Annexe7** : Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le muscle du poisson chat Africain de Nagbangré en fonction du Temps

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le Muscle du poisson chat Africain de Nagbangré en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	0,00±0,00	0,92±0,28	0,30±0,33
Co	0,41±0,14	0,39±0,02	0,48±0,11
Cd	0,17±0,06	0,16±0,02	0,20±0,04
Pb	2,80±0,86	1,87±0,41	2,49±0,46
As	0,02±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00

**Annexe8** : Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Nagbangré en fonction du Temps

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le foie du Tilapia du Nil de Nagbangré en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	1,19±2,28	1,11±0,76	2,43±3,61
Co	0,26±0,36	0,56±0,42	4,12±6,40
Cd	0,09±0,12	0,20±0,15	2,28±2,69
Pb	3,43±7,67	9,28±9,07	26,31±41,20
As	0,00±0,00	0,05±0,06	0,19±0,25

**Annexe9** : Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Nagbangré en fonction du Temps

Métaux lourds	Comparaison de la Teneur des métaux lourds dans le muscle du Tilapia du Nil de Nagbangré en fonction du Temps		
	Décembre	Janvier	Février
Cr	0,30±0,15	0,68±0,54	0,00±0,00
Co	0,25±0,23	0,35±0,28	0,90±1,23
Cd	0,08±0,07	0,51±0,96	0,41±0,54
Pb	1,53±1,21	1,85±1,09	5,88±7,91
As	0,01±0,01	0,02±0,01	0,04±0,051

**Annexe 10 : Concentration des métaux lourds dans les tissus du poisson chat Africain du barrage de Nagbangré en fonction du temps**

Période	Taille standard ( cm)	poisson chat Africain du Barrage de Nagbangré									
		Cr		Co		Cd		Pb		As	
		Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle
Décembre	30	0	0	0,084	0,29	0,036	0,13	3	2	0,01	0,01
	21,5	0	0	2	0,27	0,86	0,12	14	2	0,07	0,01
	17,5	0,85	0	3	0,62	1	0,25	21	4	0,10	0,02
	18,5	0,07	0	3	0,40	0,957	0,18	15	3	0,09	0,02
	19,5	4	0	16	0,46	7	0,19	106	3	0,53	0,02
Moyenne	21,4	0,99	0	4,78	0,41	2,01	0,17	31,6	2,8	0,16	0,02
Ecart-typ.		1,73	0	6,41	0,14	2,79	0,06	41,83	0,86	0,21	0
Janvier	33	0,47	0,88	0,305	0,37	0,13	0,17	2	2	0,01	0,02
	31,5	0,97	1,38	0,083	0,38	0,024	0,15	1	2	0,02	0,01
	33	2	1,42	1	0,39	0,543	0,17	7	2	0,03	0,02
	25,5	5	0	2	0,39	0,624	0,13	0,83	1	0,04	0,01
	27	1	0,94	0,471	0,41	0,206	0,17	2	2	0,01	0,02
Moyenne	30	1,81	0,92	0,8	0,39	0,31	0,16	2,64	1,87	0,02	0,01
Ecart-typ.		1,64	0,57	0,73	0,02	0,26	0,02	2,61	0,41	0,01	0
Février	34	0	0,07	0,414	0,58	0,159	0,24	2	3	0,01	0,01
	31,5	0	0,38	0,529	0,38	0,208	0,16	3	2	0,01	0,01
	24	0,13	0,82	1	0,45	0,557	0,18	7	2	0,04	0,00
	24	1	0,21	1	0,39	0,442	0,18	0,55	2	0,03	0,01
	18	1	0	0,87	0,62	0,328	0,23	4	3	0,01	0,01
Moyenne	26,3	0,53	0,3	0,83	0,48	0,34	0,2	3,39	2,49	0,02	0,01
Ecart-typ.		0,69	0,33	0,37	0,11	0,16	0,04	2,57	0,46	0,01	0

**Annexe 11 : Concentration des métaux lourds dans les tissus du Tilapia du Nil du barrage de Nagbangré en fonction du temps**

Période	Taille standard (cm)	Tilapia du Nil du Barrage de Nagbangré									
		Cr		Co		Cd		Pb		As	
		Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle
Décembre	12	0,707	0,20	0,61	0,07	0,20	0,03	17	2	NA	0,01
	13,5	0	0,23	0,00	0,07	0,00	0,03	0	3	0	NA
	12,5	0	0,53	0,00	0,55	0,00	0,19	0	2	0	0,00
	12	0	0,35	0,00	0,46	0,00	0,12	0	0,11	0	0,00
	11,5	5	0,17	0,71	0,11	0,24	0,04	0	0	NA	0,02
Moyenne	12,3	1,19	0,3	0,26	0,25	0,09	0,08	3,43	1,53	0	0,01
Ecart-typ.	0,76	2,28	0,15	0,36	0,23	0,12	0,07	7,67	1,35	0	0,01
Janvier	11	2	1,4	0,03	0,61	0,09	0,23	8,00	3,00	NA	0,03
	10,5	0,77	0,4	0,45	0,47	0,08	0,16	0,00	2,00	NA	0,01
	12	2	0,5	0,39	0,03	0,12	0,01	9,00	0,95	NA	0,02
	13	0,36	0,0	1,00	0,08	0,40	0,03	5,00	0,49	0,005	0,01
	10	0,59	1,0	0,81	0,59	0,31	2,00	24,00	3,00	0,09	0,01
Moyenne	11,3	1,11	0,68	0,56	0,35	0,2	0,51	9,28	1,85	0,05	0,02
Ecart-typ.	1,2	0,76	0,54	0,42	0,28	0,15	0,92	9,07	1,09	0,06	0,01
Fevrier	11	0	0	0,66	0,24	0,20	0,13	3	2	0,0	0,0
	10,5	0,89	0	1	0,63	0,41	0,25	5	4	0,1	0,0
	12	3	0	4	3,00	2,00	1,37	25	20	0,3	0,1
	13	0	0	0	0,04	0,00	0,05	0	0,64	0,0	0,0
	10	9	0	15	0,54	6,00	0,23	98	3	0,6	0,0
Moyenne	11,3	2,43	0	4,12	0,9	1,82	0,41	26,31	5,88	0,19	0,04
Ecart-typ.	1,2	3,61	0	6,4	1,23	2,69	0,54	41,2	7,91	0,25	0,05

**Annexe 12 : Concentration des métaux lourds dans les tissus du poisson chat Africain du barrage de Boussouma en fonction du temps**

Période	Taille standard (cm)	poisson chat Africain du barrage de Boussouma									
		Cr		Co		Cd		Pb		As	
		Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle
Décembre	37,5	0,16	0,00	0,09	0,56	0,00	0,22	3	3	0,02	0,01
	45	1,00	0,45	0,10	0,42	0,04	0,17	3	3	0,01	0,02
	40	0,08	0,29	0,08	0,31	0,04	0,14	3	2	0,00	0,01
	46	0,00	0,03	0,09	0,60	0,05	0,25	4	3	0,01	0,02
	50	0,00	0,00	0,07	0,06	0,03	0,04	3	3	0,00	0,01
Moyenne		0,28	0,15	0,09	0,39	0,03	0,17	3,04	2,78	0,01	0,01
Ecart typ.		0,50	0,21	0,01	0,22	0,02	0,08	0,53	0,36	0,01	0,00
Janvier	37,5	0,50	0,03	0,29	0,56	0,11	0,24	1,00	3,00	0,01	0,02
	45	0,33	0,40	0,42	0,44	0,16	0,20	2,00	2,00	0,02	0,01
	40	1,00	2,00	0,30	0,48	0,13	0,18	2,00	2,00	0,01	0,01
	46	0,08	0,02	0,54	0,44	0,23	0,13	3,00	1,00	0,01	0,01
	50	0,08	0,23	0,39	0,54	0,12	0,23	1,00	3,00	0,01	0,01
Moyenne		0,41	0,44	0,39	0,49	0,15	0,19	1,85	2,4	0,01	0,01
Ecart typ.		0,4	0,62	0,1	0,06	0,05	0,04	0,76	0,76	0,01	0
Février	31	0,02	0,00	0,07	0,06	0,03	0,03	3,00	2,00	0,01	0,01
	32	0,00	0,00	0,07	0,29	0,03	0,12	3,00	2,00	0,01	0,01
	26,5	0,00	0,00	4,00	0,07	1,00	0,03	20,00	3,00	0,08	0,01
	31,5	0,00	0,00	0,11	0,30	0,04	0,13	4,00	2,00	0,01	0,01
	31	0,17	0,00	0,10	0,31	0,23	0,14	9,00	2,00	0,03	0,01
Moyenne		0,04	0	0,8	0,2	0,37	0,09	7,59	2,35	0,03	0,01
Ecart typ.		0,08	0,00	1,59	0,13	0,64	0,06	7,16	0,28	0,03	0,00

**Annexe 13:** Concentration des métaux lourds dans les tissus du Tilapia du Nil du barrage de Boussouma en fonction du temps

Période	Taille standard (cm)	Tilapia du Nil du barrage de Nagbangré									
		Cr		Co		Cd		Pb		As	
		Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle	Foie	Muscle
Décembre	10,5	0	0,29	0,86	0,53	0,39	0,17	28,96	2,08	0,19	0,01
	10	0	0,59	0,00	0,45	0,00	0,16	0,00	2,09	0,00	0,00
	12	0	0,43	3,94	0,60	1,52	0,25	127,27	3,18	0,47	0,01
	12,5	0	0,14	1,03	0,65	0,46	0,25	36,33	3,15	0,10	0,01
	11	0	0,23	0,10	0,44	0,04	0,14	3,23	1,25	0,10	0,02
Moyenne		0	0,34	1,18	0,53	0,48	0,19	39,16	2,35	0,17	0,01
Ecart typ.	1,037	0	0,18	1,61	0,10	0,61	0,05	51,72	0,82	0,18	0,01
Janvier	11	0,37	0,28	0,37	0,26	0,20	0,12	22,13	1,63	0,06	0,02
	10,5	6,33	0,00	2,76	0,79	1,40	0,38	17,60	5,54	0,20	0,04
	12,5	1,58	0,34	1,15	0,23	0,35	0,13	5,04	1,69	0,04	0,02
	13	8,50	0,79	5,37	0,19	2,59	0,13	35,78	1,49	0,36	0,02
	10	4,02	0,26	0,60	0,31	0,18	0,13	14,74	1,67	0,05	0,02
Moyenne		4,16	0,34	2,05	0,36	0,95	0,18	19,06	2,41	0,14	0,02
Ecart typ.	1,29	3,34	0,29	2,08	0,25	1,05	0,11	11,25	1,75	0,14	0,01
Février	10,5	1,71	0,00	8,73	0,53	3,51	0,24	55,38	3,81	0,29	0,03
	12	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,15	0,00	2,32	0,00	0,02
	11,5	2,18	0,00	3,09	0,31	1,08	0,14	16,81	2,16	0,08	0,01
	12	0,00	0,00	4,37	0,57	1,76	0,23	22,43	3,03	0,12	0,01
	11,5	3,07	0,00	14,51	0,27	7,00	0,12	104,61	1,84	0,60	0,01
Moyenne		1,39	0	6,14	0,39	2,67	0,18	39,85	2,63	0,22	0,02
Ecart typ.	0,61	1,36	0	5,63	0,14	2,74	0,06	41,41	0,79	0,24	0,01

Decembre - DGRH

destiné aux pêcheurs de koubri

## Identité

## 1. Nom &amp; prenom

*La réponse est obligatoire.*

## 2. sexe

 1. M 2. F*La réponse est obligatoire.*

## 3. sites exploités

 1. Bousouma 2. Nagbagré*Vous pouvez cocher plusieurs cases.**La réponse est obligatoire.*

## Activité de production

## 4. la pêche est votre activité principale?

 1. oui 2. non*La réponse est obligatoire.*

## 5. citer les autres activités?

*La réponse est obligatoire.**La question n'est pertinente que si activité = "non"*

## Espèces pêchées

## 6. quelles sont les principales espèces pêchées?

 1. Carpes 2. silures 3. capitaines 4. crevettes 5. autres (à préciser) 6. sardine*Vous pouvez cocher plusieurs cases (5 au maximum).**La réponse est obligatoire.*

## Disparition d'espèces

## 7. Avez-vous remarqué la disparition de certaines espèces?

 1. oui 2. non*La réponse est obligatoire.*

## 8. connaissez-vous la cause de la disparition de ces poissons?

 1. oui 2. non*La réponse est obligatoire.**La question n'est pertinente que si disparition = "oui"*

## 9. citez les causes que vous connaissez

*La réponse est obligatoire.**La question n'est pertinente que si disparition = "oui"*

## Mortalité des poissons

## 10. avez-vous remarqué la mortalité des poissons dans le ces barrages?

 1. oui 2. non*La réponse est obligatoire.*

11. quelles sont les périodes de mortalités que vous avez remarqués?

*La réponse est obligatoire.*

*La question n'est pertinente que si mortalité poisson = "oui"*

12. selon vous quelles sont les causes de cette mortalité?

*La réponse est obligatoire.*

*La question n'est pertinente que si mortalité poisson = "oui"*

## Pollution

13. Connaissez vous les sources de pollution du barrage?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Eaux de ruissèlement qui se déversent dans le barrage | <input type="checkbox"/> 2. Le déversement des déchets d'une usine dans le barrage |
| <input type="checkbox"/> 3. Le dépôt des ordures ménagères dans le barrage        | <input type="checkbox"/> 4. Utilisation des pesticides aux abords du barrage       |
| <input type="checkbox"/> 5. Utilisation l'eau du barrage par les orpailleurs      | <input type="checkbox"/> 6. Déversement des eaux usées domestiques dans le barrage |
| <input type="checkbox"/> 7. Utilisation des produits chimiques pour la pêche.     |  |

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*



## Maraicher de la commune de Koubri

Novembre 2014 - DGRH

destiné au maraicher de Koubri

## Identité

## 1. Nom &amp; prénom

La réponse est obligatoire.

## 2. sexe

 1. M 2. F

La réponse est obligatoire.

## 3. site exploité

 1. Nagbagré 2. Boussouma

La réponse est obligatoire.

## Activité de production

## 4. La période d'activité de production

 1. toute l'année 2. une partie de l'année

La réponse est obligatoire.

## 5. l'emplacement de votre site d'activité par rapport au barrage

 1. supérieur à 100 m 2. inférieur à 100 m

La réponse est obligatoire.

## utilisation des pesticides

## 6. utilisez-vous des pesticides?

 1. oui 2. non

La réponse est obligatoire.

## 7. quelle est la période d'utilisation des pesticides

 1. toute l'année 2. une partie de l'année

La réponse est obligatoire.

## Irrigation

## 8. faites-vous l'irrigation?

 1. non 2. oui

La réponse est obligatoire.

## 9. Ou se verse l'eau du drainage

 1. dans le barrage 2. un site (à préciser) 3. pas d'eau de drainage

La réponse est obligatoire.

La question n'est pertinente que si irrigation "oui"

## pollution du barrage

## 10. selon vous quelles sont les sources de pollutions de ce barrage

 1. Eaux de ruissellement qui se déversent dans le barrage 2. Le déversement des déchets d'une usine dans le barrage 3. Le dépôt des ordures ménagères dans le barrage 4. Utilisation des pesticides aux abords du barrage 5. Utilisation l'eau du barrage par les orpailleurs 6. Déversement des eaux usées domestiques dans le barrage 7. Utilisation des produits chimiques pour la pêche

Vous pouvez cocher plusieurs cases.