

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. MIRA – Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques de l'Environnement

Option : Toxicologie Industrielle et Environnementale



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Aspects anatomo-histopathologiques  
du *Barbus callensis* pêché au niveau de  
l'Oued Djemaa région de Boukhelifa  
- Wilaya de Bejaia-**

Présenté par :

**BAZIZI Idir**

Soutenu le : **25 Juin 2018**

*Devant le jury composé de :*

M. RAMDANE Z.	Professeur	Président
M <sup>me</sup> DJOUDAD-KADJI H.	MCA	Encadreur
M <sup>me</sup> NATOURI N.	MAA	Examinatrice

**Année universitaire : 2017 / 2018**

## *Remerciements*

*Tout d'abord, louanges à « ALLAH » tout miséricordieux le très miséricordieux, qui m'a donné la santé, la force, le courage, l'opportunité et la patience de mener ce travail à terme.*

*" La vie, c'est l'histoire d'un train qui défile. Il y a des gares et des wagons, dans lesquels montent ceux qui ont un ticket, un diplôme, une connaissance, une place réservée. Bien souvent, ils ne changeront plus de place, ni de ligne, jusqu'à la fin de leur vie, restant chaudement à la fenêtre du même paysage. D'autres moins conformistes, plus exigeants, ou sans titre de transport, devront monter en marche. Pour cela il faut courir un peu, sinon le train vous laisse sur place. Il arrive souvent qu'au début on ne trouve pas tout de suite le marchepied ; mais il ne faut pas s'inquiéter : le train de l'histoire ne cesse de passer. J'en ai pris des trains, j'en ai passé du temps à attendre dans les gares, à changer de voie, l'essentiel fut de ne jamais rester sur le même quai trop longtemps. Pour cela j'ai pris des trains qui passaient même s'ils n'allaient pas dans la direction espérée. Finalement il a toujours suffi d'y croire et les choses sont arrivées, dans un désordre constructif que le hasard a sorti du chapeau." (Jean-Louis Étienne).*

Tout ça pour dire que chacun d'entre vous, chaque personne rencontrée une minute ou à mes côtés au quotidien, m'a permis de tenir le cap et de franchir la ligne d'arrivée. Cependant, ce mémoire de fin de cycle m'a fait grandir, m'a fait galérer, mais au final je pense que c'est une très belle aventure qu'on ne pourra vivre qu'une seule fois. Comme l'Homme ne s'évertue que trop rarement à se lancer dans des grands discours, ces quelques mots me permettent de témoigner ma reconnaissance pour ce travail collectif. Mes plus sincères remerciements vont :

À Mme Kadji-Djoudad Hafsa, Ce personnage, difficile à suivre, car débordant d'énergie, m'a invité dans son TGV de sciences et m'a fait découvrir le monde des poissons et de la recherche. A ses côtés, j'ai appris à partager sa passion, ses connaissances, et parfois son activisme.

L'enseignement que m'a apporté Mme Kadji, et que j'espère transmettre à mon tour, est le suivant : « Défendre le bon état de santé du poisson pour les générations futures ... ».

Mes remerciements sont également adressés à mes très chers enseignants Pr Ramdane Z. et Mme Natouri N. qui me font l'honneur d'examiner et d'évaluer mon modeste travail.

Je suis très touché par la générosité et le sacrifice et surtout pour tous les risques qu'a pris Mr Aissanou Sofiane durant 7 sorties pour pêcher les poissons de l'oued Djemaa. Toutes les expressions de reconnaissances et de gratitude sont adressées à vous et je ne pourrais certainement vous faire un tel cadeau, sauf que de vous réserver le sentiment fraternel et un profond respect, à vous ainsi qu'à ma camarade et collègue Melle Touahria Sonia, pour son accompagnement infaillible pour la réussite et la réalisation de ce travail.

Je remercie vivement les membres des laboratoires: SNC PREVOLAB (El kseur) particulièrement les deux responsables: Melle Dendoune D. et Mme Kherfella S., qui m'ont accueilli pour les analyses physicochimiques et microbiologiques. Laboratoire de Génie Biologique des Cancers (Faculté de médecine- Aboudaou) pour la réalisation de l'étude histologique; Laboratoire de Chimie (Faculté des Sciences et technologies, particulièrement la responsables des laboratoires Mme Baradai, et dans un délai très court m'a accueilli pour le dosage des métaux lourds.

Mes remerciements s'adressent aussi aux personnes qui m'ont aidé dans les moments difficiles, pensées particulière à ces dames du département de Biologie physico-chimique, et je cite : Mme Ait Ali D. (Chef de département), Mme Chaher N. (Maître de conférence), Melle Tabti N. (Technicienne du laboratoire BPC) et Melle Kherraz Djamila (Secrétaire administrative).

## Dédicaces

*A mes chers parents*

*Ma Mère a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie malgré son état de santé, reçois a travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude*

*Mon Père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie puisse dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi*

*J'espère que vous trouverez dans ce travail ma profonde reconnaissance et mon grand amour pour vous, ce travail est le fruit de l'éducation que vous avez toujours su m'apporter votre satisfaction restera toujours mon but*

*A mon petit frère bien aimé qui a contribué à la réalisation de ma pratique et qui a comblé ma vie d'amour fraternel que je n'ai pas eu durant mon enfance, je lui souhaite pleins de succès et prospérité dans sa vie*

*A mes adorables sœurs à qui j'ai beaucoup de respect et d'amour celles qui étaient toujours à mes côtés à me soutenir et m'encourager, bonheur et prospérité dans leur vie*

*A mon meilleur ami, le grand frère que je n'ai pas eu Aziz, je ne pourrais t'être redevable pour ce que tu as fait pour nous et ta disponibilité immédiate à chaque sollicitation, merci pour tout l'intérêt et l'inquiétude que tu portes à mon égard, tant sur la vie professionnelle que personnelle*

*A mes chers (es) camarades et amis (es)*

*Lycia et Souhila qui m'ont beaucoup aidé durant ma spécialité  
Lydia, Zineb, Sonia, Dyhia, Sam, Cherif, Yousef, Salim tant d'années de camaraderie et d'amitié nous réunissent et qui ont été toujours là pour moi*

*Aux membres du Club Scientifique des Sciences de la Nature (CSSN)*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin*

*Un grand merci à vous tous*

## Sommaire

- Liste des abréviations et tableaux
- Liste des figures

<b>Introduction.....</b>	<b>01</b>
--------------------------	-----------

### **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

<i>I.1 Généralités sur les poissons.....</i>	<i>03</i>
<i>I.1.1 Le barbeau barbus callensis Valenciennes, 1842 .....</i>	<i>03</i>
<i>I.2. Qualité des eaux douces.....</i>	<i>04</i>
<i>I.2.1 Origine de la pollution .....</i>	<i>05</i>
<i>I.2.2 Les paramètres d'évaluation de la pollution des eaux.....</i>	<i>05</i>
<i>I.3 Les métaux lourds .....</i>	<i>06</i>
<i>I.3.1 Origines des métaux lourds .....</i>	<i>07</i>
<i>I.4 Impact de la pollution sur les poissons.....</i>	<i>08</i>
<i>I.4.1 Les anomalies macroscopiques .....</i>	<i>08</i>
<i>I.4.2 Les anomalies microscopiques .....</i>	<i>11</i>

### **Chapitre II : Matériel et méthodes**

<i>II.1 Description du milieu d'étude.....</i>	<i>17</i>
<i>II.2 Méthode d'échantillonnage du poisson.....</i>	<i>18</i>
<i>II.3 Evaluation de la qualité de l'eau .....</i>	<i>18</i>
<i>II.3.1 Analyses physico-chimiques.....</i>	<i>18</i>
<i>II.3.2 Analyses microbiologiques.....</i>	<i>18</i>

II.3.3 Méthode de prélèvement des eaux.....	19
II.4 Dosage des métaux lourds dans l'eau.....	19
II.4.1 Principe général de la S.A.A.....	20
II.4.2 Etalonnage.....	20
II.4.3 Méthode de dosage.....	20
II.5 Etudes des poissons.....	21
II.5.1 Travail de laboratoire.....	21
II.5.2 Examens macroscopiques.....	21
II.5.3 Examens microscopiques.....	22

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

III.1 Analyses des eaux.....	24
III.1.1 Analyses physico-chimiques.....	24
III. 1.2 Analyses microbiologiques.....	28
III.1. 3 Dosage des métaux lourds.....	32
III.2. Examens du poisson.....	34
III.2.1 Examens macroscopiques.....	36
III.2.1.2 Examens microscopiques.....	41
<b>Conclusion.....</b>	<b>48</b>
Références bibliographiques.....	49

Annexes

***Liste des abréviations***

**Cd** : Cadmium

**Pb** : Plomb

**Zn** : Zinc

**E.T.M** : Eléments traces métalliques

**Ppm** : Partie par million

**S.A.A** : Spectrophotométrie d'absorption atomique

**O.M.S**: Organisation Mondiale de la santé

**Mg/Kg** : Milligramme par Kilogramme

**cm** : Centimètre

**g** : Gramme

**UFC** : Unité Formant Colonie

**mg/l** : milligramme par litre

***Liste des tableaux***

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Résultats des analyses physico-chimiques et les normes requises par les Norme Algérienne	26
<b>Tableau II</b>	Résultats des analyses microbiologiques des eaux d'Oued Djemaa	29
<b>Tableau III</b>	Normes requises par OMS pour les eaux superficielles	29
<b>Tableau IV</b>	Résultats de dosage des éléments traces métalliques	33
<b>Tableau V</b>	Tableau des mensurations des poissons examinés	35

## Liste des figures

Figures	Titre	Page
<b>Figure 1</b>	Morphologie du <i>Barbus callensis</i> .	04
<b>Figure 2</b>	Déformations rencontrées chez le poisson. Déformation de la colonne vertébrale (cercle jaune) Doré jaune ( <i>Sander vitreus</i> ) ; <b>(b)</b> Détachement et cassures des rayons de la nageoire caudale du <i>Barbus callensis</i> Oued Soummam.	08
<b>Figure 3</b>	Érosion de la nageoire caudale, Chevalier jaune ( <i>Moxostoma valenciennesi</i> ).	09
<b>Figure 4</b>	Perte des écailles (cercle jaune) chez télescope – noir <i>Auratus</i> .	09
<b>Figure 5</b>	Anus saillant et hémorragie périanale.	09
<b>Figure 6</b>	Hémorragie dans la chambre antérieure de l'œil.	10
<b>Figure 7</b>	Début d'exophtalmie (cercle jaune) Meunier noir.	10
<b>Figure 8</b>	Opacité partielle de l'œil, Meunier noir ( <i>Catostomus commersonii</i> ).	10
<b>Figure 9</b>	Déformation « Constrictions » au niveau médian du testicule au niveau de l'appareil reproducteur de <i>Barbus callensis</i> pêché dans l'oued Soummam.	11
<b>Figure 10</b>	Coupes histologiques de foie montrant le tissu hépatique avec des changements pathologiques. a) Zone discret de la nécrose de foie(*), enveloppé par réponse inflammatoire de lymphocytes/monocytes (flèche). L'infiltration lymphocytaire et monocytaire (inflammation) a été souvent observée chez <i>A.thalassinus</i> dispersé entre les hépatocytes dans une proportion de poissons relativement grande à tous les emplacements et a été rarement vue former les foyers discrets ;b) Zone étendu de la nécrose montrant la perte de structure architecturale normale (*) et infiltration marquée de lymphocyte/monocyte (flèche). c) La couleur comme brun dans le cytoplasme des hépatocytes (flèches) a suggéré la cholastase hépatique putatif.d) Vacuolisation cytoplasmique des hépatocytes. d) et e) Tissu nécrotique de foie. f) V : Vacuolisation.	12
<b>Figure 11</b>	Coupes histologiques au niveau de la partie femelle des spécimens intersexués de <i>B. callensis</i> pêchés dans l'oued Soummam. a) et b) des ovocytes primaires (Ovc St I et St II) présents dans le tissu testiculaire (Te) ;c) Ovaires (Ov) à différents stades de maturité sexuelle entourés d'un tissu testiculaire (Te) ;d) ovocytes atrétiques ; e) et f) Atrésie.	14
<b>Figure 12</b>	Coupes histologiques différentes parties structurales de l'œil chez un poisson rouge sain(A) Rétine :0- La sclère (sclérotique).1-Choroïde. 2- Epithélium pigmentaire.3-Segments interne et externe des cellules photo réceptrices (cônes et bâtonnets).4 - membrane limitante externe. 5 -Couche nucléaire externe.6- Couche plexi forme externe.(Synapse 1) -7- Couche nucléaire interne. 8- Couches plexi forme interne. (Synapse 2) 9 - couche de cellules ganglionnaires nerveuses (zone des neurones) - 10 - membrane limitante interne.(B) Cornée :1- Partie antérieure est un épithélium pavimenteux recouverte par un film protéolipidique protecteur. 2- Stroma est fait de tissu conjonctif dépourvu de vaisseaux ; 3- Partie postérieure formée par une couche de cellules épithéliales ; 4- membrane puissante recouvrant le cristallin. (C) Nerf optique : 1- La sclère (sclérotique). 2 - Le nerf possède en son centre l'artère et la veine centrale de la rétine.	15
<b>Figure 13</b>	Certaines anomalies observées dans l'œil de poissons Rétine de l'œil de <i>M. cephalus</i> exposée au Nickel à des concentrations différentes.	16

<b>Figure 14</b>	Carte satellitaire montrant le site d'échantillonnage au niveau de l'Oued Djemaa (Google earth, 2018).	17
<b>Figure 15</b>	Carte montrant les 5 stations d'étude de métaux lourds.	19
<b>Figure 16</b>	Appareil de spectrométrie d'absorption atomique.	20
<b>Figure 17</b>	Etapes de la réalisation des coupes histologiques. a) Une réduction du nombre de cellules sphériques granulaires dans la couche de cellules de ganglion. b) Détachement des cellules bipolaires des cellules de photorécepteur. c) Zone de l'œil du tilapia hybride <i>Oreochromis</i> spp. Naturellement infecté par <i>Streptococcus agalactiae</i> présentant une hyperplasie de la rétine (tête de flèche), l'œdème de la rétine (flèche épaisse), l'hémorragie choroïdale (flèche mince), et l'œdème choroïdale (astérisque) avec l'infiltration cellulaire inflammatoire.	23
<b>Figure 18</b>	Histogrammes illustrant les variations des paramètres physico-chimiques analysés.	25
<b>Figure 19</b>	Histogramme des concentrations des éléments traces métalliques dans l'eau selon les stations.	32
<b>Figure 20</b>	Déformations du corps chez le barbus <i>callensis</i> Oued Djemaa a) déformation de la colonne vertébrale (cercle jaune), b) déformation de la nageoire caudale (flèches).	36
<b>Figure 21</b>	Erosion de la nageoire caudale chez <i>Barbus callensis</i> Oued Djemaa, avec présence d'infection périphérique (cercle jaune).	37
<b>Figure 22</b>	Perte des écailles chez <i>Barbus callensis</i> (cercle jaune).	37
<b>Figure 23</b>	Hémorragie oculaire chez le <i>Barbus callensis</i> de l'oued Djemaa (flèches)	38
<b>Figure 24</b>	Hémorragie de l'anus chez <i>Barbus callensis</i> .	38
<b>Figure 25</b>	Début d'exophtalmie chez le <i>Barbus callensis</i> .	39
<b>Figure 26</b>	Début d'opacité chez le <i>Barbus callensis</i> .	39
<b>Figure 27</b>	Constriction observée chez le <i>Barbus callensis</i> .	40
<b>Figure 28</b>	Coupes histologiques au niveau des ovaires du <i>Barbus callensis</i> : (A) Ovocytes à différents stades de développement folliculaire ; (B) Ovocyte intersexué ; (C) Atrésie ; (D) Dégénérescence de la Zona Radiata ;(E) Nuage cellulaire inconnu ; (F) Follicules prévitlogéniques anormaux.	42
<b>Figure 29</b>	Anomalies inconnues rencontrées dans les ovaires du <i>Barbus callensis</i> .	43
<b>Figure 30</b>	Coupes histologique d'un testicule sain du <i>barbus callensis</i> .	44
<b>Figure 31</b>	Anomalies détectées au niveau du foie : (A) Multiplication des voies biliaires (Flèches), (B) Cholastase (flèche), (C) Nécrose et désagrégation du tissu hépatique, (D) vacuolisation.	45
<b>Figure 32</b>	Coupes histologiques au niveau des yeux du <i>Barbus callensis</i> : a) et b) Désorganisation des couches rétinienne ; c) Détachement des couches de la rétine ; d) Endommagement de la couche de cellules ganglionnaires nerveuses.	46
<b>Figure 33</b>	Coupes histologiques au niveau des yeux du <i>Barbus callensis</i> : <b>a et b)</b> Formes présentant une exophtalmie chez individu N° 3 ; <b>c et d)</b> Détachement de couches cellulaires avec forme d'opacité.	47

# Introduction



**« Heureux celui qui peut percer le mystère des Poissons ... »**

**Virgile (Géorgiques II).**

L'eau douce renouvelable est une ressource indispensable à la vie et nécessite une surveillance permanente, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités humaines (**Mc Kinney, 2002**).

Les contaminants qui l'atteignent, constituent toujours un problème environnemental majeur. En effet, la concentration de la plupart des contaminants s'élève parfois jusqu'à des niveaux qui sont toxiques pour la vie aquatique (poissons, invertébrés et plantes aquatiques), tant dans la colonne d'eau que dans les sédiments (**Guay et al., 2013**).

Les Oueds d'Algérie sont devenus de véritables dépotoirs, en ce sens ils charrient toutes sortes de rejets liquides et solides, menant ainsi à une pollution de plusieurs origines (**Guasmi et al., 2006**). L'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants, ceci entraîne des altérations diverses sur la morphologie des poissons (**Girard et Elie, 2007 ; Richard et al., 2016**) et sur leurs physiologie (**Aarab, 2004 ; Bourrachot, 2009 ; Van Dyk et al., 2007**), comme il entraîne aussi la dégradation de la qualité physico-chimique et microbiologique des milieux aquatiques récepteurs et joue un rôle important dans la vie des poissons, leur apport nutritionnel et leur toxicité (**Kaushik, 2004**).

L'écosystème aquatique, aussi bien dulcicole que marin, sont de plus en plus menacés par différentes sources de pollution qui risquent de diminuer ses potentialités économiques et d'avoir des répercussions néfastes sur la santé humaine (**El Morhit, 2009**).

Parmi les substances dangereuses, qui peuvent arriver dans le milieu aquatique, les éléments métalliques qui se trouvent généralement à de faibles concentrations, de l'ordre du ppm. Ces derniers sont susceptibles de présenter un danger potentiel pour la santé. La contamination peut se produire de façon, directe ou indirecte, selon les phénomènes de transfert au travers de la chaîne trophique, car ils peuvent être bioaccumulables (**Benamar 2006**).

Parmi les approches de la toxicologie environnementale des milieux aquatiques, l'étude de l'ichtyopathologie qui se fait par des analyses biochimiques, physiologiques et histologiques. Le poisson est de plus en plus utilisé comme sentinelle de l'environnement car il se révèle un excellent indicateur de la qualité des milieux aquatiques et, aujourd'hui, de nombreuses méthodes font appel à lui (**Genten et al, 2015**).

En effet, ces poissons jouent aussi un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des milieux aquatiques d'où l'intérêt suscité aux investigations dans ce domaine. En Algérie, parmi les espèces courantes de poissons de nos rivières, le cyprinidé *Barbus callensis* (Valencienne 1842). Les études sur l'ichtyofaune des eaux continentales de l'Algérie n'ont pas connu un grand essor, en comparaison avec celles dédiées aux poissons marins.

Jusqu'à présent aucun travail au sujet de l'ichtyopathologie n'a été réalisé sur le bassin versant de l'oued Djemaa dans la région de Boukhlifa wilaya de Bejaia, raison pour laquelle a été entrepris ce travail de mémoire, qui vise à combler certaines lacunes quant au signalement de cette espèce, mais aussi à évaluer l'impact des conditions du milieu sur les performances biologiques du poisson et pouvant déboucher sur des orientations et des recommandations de conservation et de gestion.

Afin de répondre à l'objectif fixé, nous avons procédé par trois approches à savoir :

- (1) L'analyse physico-chimique et microbiologique des eaux et le dosage de 3 métaux lourds (Cuivre « Cu », Zinc « Zn » et le Plomb « Pb ») ;
- (2) Examen des anomalies macroscopiques chez le poisson ;
- (3) Examen microscopique par une analyse histopathologique des gonades, du foie et des yeux de ce dernier.

Le mémoire est subdivisé en trois chapitres :

- Le premier a été consacré à une synthèse bibliographique des informations en relation avec la qualité des eaux et leur impact sur la biologie du poisson.
- Dans le deuxième chapitre, expose les démarches expérimentales adaptées ;
- Le dernier chapitre expose les différents résultats obtenus accompagnés de leurs discussions, suivis par une conclusion générale.

# Synthèse

# Bibliographique



## I.1 Généralités sur les poissons

Les poissons d'eau douce sont décrits comme étant des vertébrés aquatiques avec des branchies, pourvus de nageoires et dont le corps est le plus souvent couvert d'écailles. Les poissons dulcicoles jouent un rôle fondamental dans la vie humaine, car ils représentent une source de nourriture non négligeable dans les régions rurales, à côté des végétaux et du bétail. Ils ont également un rôle important dans la stabilité de l'écosystème limnique (**Bruslé et al., 2006**).

En Algérie, en plus des conditions climatiques difficiles, les eaux continentales sont soumises à d'importantes perturbations anthropiques induisant d'une part, la fragmentation des milieux et l'isolement des populations, et d'autre part, des modifications profondes des communautés de poissons se traduisant par une perte de diversité et/ou des déséquilibres démographiques. En Algérie, l'ichtyofaune dulcicole est caractérisée par la prédominance des éléments de la famille des Cyprinidae avec 11 genres et 18 espèces (**Azeroual et al., 2000**).

### I.1.1 Le barbeau (*Barbus barbus Callensis*) (valenciennes, 1842)

Le genre *Barbus* (le Barbeau) appartient à la famille des Cyprinidés comptant plus de 2000 espèces avec approximativement 340 genres répartis en majorité en Asie, en Europe et en Afrique. Il représente souvent le constituant majeur de la faune cyprinicole et un composant important des écosystèmes fluviaux, ou il représente une ichtyomasse parfois importante (**Philippart et al., 1996**).

Le barbeau est un poisson rhéophile qui vit en petits bancs. Il fréquente les eaux claires et courantes, mais pas trop froides ; Il se distingue par la bouche qui s'ouvre vers le bas, des lèvres charnues et par 4 barbillons à la lèvre supérieure ; Il a une forme très effilée et un museau assez allongé avec une dépression caractéristique au dessus du front.

La couleur du corps est brun jaunâtre à éclat métallique et le ventre argenté. La nageoire porte 4 rayons osseux dont le dernier est épineux. Sa longueur moyenne est de 25 cm et peut atteindre 40 cm (**Kraiem, 1980, 1994**).

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

**Phylum** : Cordes

**Sous-ordre** : Cyprinoïdes

**Classe** : Osteichtyens

**Famille** : Cyprinides

**Sous-classe** : Actinoptérygiens

**Genre** : *Barbus*

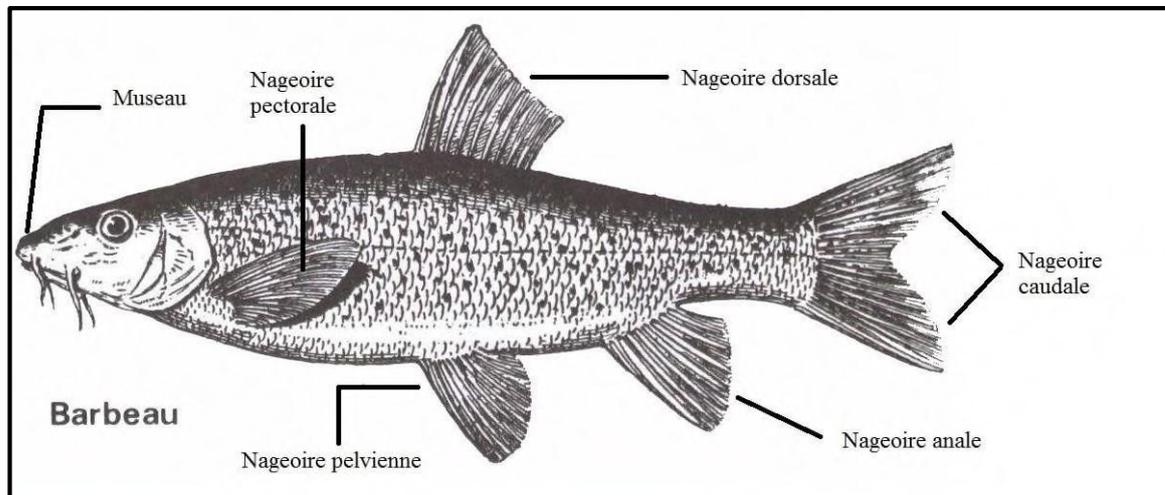
**Infra-classe** : Teleostéens

**Espèce** : *Barbus barbuis*

**Ordre** : Cypriniformes

**Sous-espèce** : *Callensis* (valenciennes, 1842)

**Nom vernaculaire** : Bourvis.



**Figure 1** : Morphologie du *Barbus callensis*.

## I.2 Qualité des eaux douces

La pollution des eaux se rapporte à des déversements, écoulement, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature, et plus généralement, à tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physique, chimique, biologique ou bactériologiques (**Arrignon, 1998**). Les causes des pollutions sont très nombreuses : pesticides, engrais, métaux lourds, pollution thermique, sonore, radioactive. Ces pollutions qui sont parfois longues à détecter touchent les milieux terrestres, les eaux douces et le milieu marin (**Dajoz, 2008**).

### I.2.1 Origine de la pollution

- **Pollution domestique**

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement, elle se caractérise par la présence : des germes fécaux, de forte teneur en matière organique, des sels minéraux, des détergents, les déchets de bricolage, engrais et pesticides utilisés à forte dose dans les jardins privés. (**Gaujous, 1995 ; Gilli et al, 2008**).

- **Pollution industrielle**

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Cette pollution est caractérisé par : la présence de matière organique et graisse (Industrie agroalimentaire Huilerie), hydrocarbure (Raffineries), métaux (traitement des surfaces, métallurgie), produits chimiques divers (industrie chimique tannerie..), eau chaude (circuit de refroidissement des centrale thermiques) (**Gaujous, 1995**).

- **La pollution agricole**

L'activité agricole et devenue ponctuelle, plus intensive et plus performante ; Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par : de fortes teneur en sel minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant des engrais et pesticides épandus, des purins et lisier (élevage de volailles et de bovins) et la présence de produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides...) (**Genin et al., 2003**). Quand des aux usées d'abattoirs s'écoulent dans la rivière, les barbeaux s'attroupent (**Bent et al., 2011**).

- **Phénomènes naturels**

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution, elles peuvent être à l'origine d'éruption volcanique, certains filons géologiques de métaux et des sources thermo minérales (**Gaujous, 1995 ; Faurie et al., 2002**).

### I.2.2 Les paramètres d'évaluation de la pollution des eaux

La qualité chimique de l'eau est très essentielle pour les animaux aquatiques et particulièrement les poissons. Une mauvaise qualité de l'eau nuit à la sante des poissons, tant directement qu'indirectement en provoquant chez les animaux un stress et en accroissant leur sensibilité aux maladies.

Un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont, directement ou indirectement, modifiés du fait de l'action de l'homme, altéré par une surcharge en matières organiques, par des substances toxiques provenant des activités agricoles et par des effluents industriels et domestiques rejetés dans le milieu récepteur sans traitement.

C'est pourquoi pour une bonne évaluation de la vie et la santé du poisson, la surveillance à fin déterminer la qualité de l'eau est irréprochable, et cela par l'évaluation d'un ensemble de paramètres physico-chimiques (conductivité, pH, conductivité, nitrates, phosphore, demande biochimique en oxygène, etc.) et biologiques (bactéries, virus, champignons, etc.). (**Gaujons, 1995**). Le détail de cette section est donné dans les tableaux en annexe (Annexe 1).

### I.3 Les métaux lourds

Les écosystèmes aquatiques sont susceptibles de recevoir et d'accumuler des contaminants, en particulier les métaux lourds qui causent une détérioration des écosystèmes aquatiques (**Ramade, 1992**) ; Les organismes aquatiques comme les poissons qui y peuplent sont donc constamment exposés à des contaminations métalliques (**Devez, 2004**).

Les métaux sont des substances chimiques, ils englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement, généralement peu ou pas biodégradables, ce qui explique leur persistance dans les écosystèmes, leur bioaccumulation ainsi que leur bioamplification le long de la chaîne alimentaire (**Ramade, 1992**). Ils sont considérés comme toxique pour l'homme tel : le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. D'autres comme le cuivre, le zinc, le chrome, pourtant nécessaires à l'organisme en petites quantités, peuvent devenir toxiques à doses plus importantes (**Gaujons, 1995**).

Les sources des métaux lourds dans l'environnement sont nombreuses. Elles peuvent être de Sources industrielles tels que les pétroles fossilifères, batteries, peintures, produits agricole ; De sources agricoles notamment des fertilisants chimiques, des pesticides, des herbicides et des fongicides ; De sources anthropiques comme les industries d'extraction des minerais et le traitement des métaux par les fonderies, les effluents d'eaux usées domestiques et de ruissellement urbain ainsi que le lessivage des décharges d'ordures ménagères. La teneur en métaux des sols est en fonction d'une part de la nature de la roche mère et des minéraux qui la constituent, et d'autre part, de l'altération qu'elle subit lors de la pédogenèse sont considérés comme source naturelle. L'ensemble de ces métaux peuvent provoquer des dégâts importants sur la faune aquatique (**Gaujons, 1995**).

### I.3.1 Origines des métaux lourds

- **Plomb (Pb)**

Le plomb associé au Zinc dans les minerais, est l'un des principaux polluants métalliques de l'atmosphère. Il est dans les batteries électriques, dans les essences, dans la sidérurgie, de l'incinération des déchets et dans les industries. En milieu aquatique, il arrive par les apports atmosphériques et le lessivage des zones urbanisées (**Pichard et al., 2003**).

Le plomb n'est ni essentiel ni bénéfique pour les êtres vivants. L'union européenne, par le règlement sur les contaminants dans les denrées alimentaires, impose des concentrations en plomb inférieures ou égales à 0,30 µg/g dans la chair musculaire des poissons (**Gaujous, 1995**). Chez les poissons le Plomb tout comme le Cuivre augmente avec l'âge, il s'accumule dans le foie, les reins et la colonne vertébrale, les poissons d'eau douce en contiennent environ 0.5-1000 ppb (**Amiard, 1988**).

- **Cuivre (Cu)**

Le cuivre n'est présent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles de surface. Il est un contaminant qui accompagne le zinc, le plomb dans les activités métallurgiques des métaux non ferreux, traitements agricoles, corrosion des tuyaux. (**Gaujous, 1995**).

Le cuivre est un élément important dans la vie cellulaire. Cet élément se trouve dans l'organisme à des doses d'environ 1mg/l dans le sérum, reste que l'intoxication n'est prouvée que par la présence de doses importantes. Il provoque une altération des branchies et retarde la ponte des poissons. Teneurs naturelles dans l'eau douce jusqu'à 0.05 ppm (**Gaujous, 1995**).

- **Le Zinc (Zn)**

Le Zinc est un élément chimique utilisé dans la chimie de caoutchouc, il est aussi contenu dans certaines peintures antisalissure, les équipements pour l'automobile, les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés ; Il provient généralement des corrosions des canalisations et des toitures et de l'industrie : métallurgie, traitement de surface, galvanoplastie, savonnerie, fabrique de bougie (**Gaujous, 1995**).

Le zinc est impliqué dans plusieurs processus métaboliques dans la cellule. Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse, à fortes concentrations, sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves (**Amiard, 1988**).

## I.4 Impacts de la pollution sur les poissons

Aujourd'hui à l'échelle mondiale, les connaissances sur les maladies des poissons ont été approfondies. En effet, le développement socio-économique et l'urbanisation rapide qui ont engendré l'apparition de maladies causant d'importantes pertes dans les fermes piscicoles. Les acteurs de la filière poisson ont encouragé la recherche qui pouvait trouver l'explication et la thérapie nécessaire aux mortalités des poissons. C'est ainsi que l'étude sur les maladies des poissons ou ichtyopathologie a connu un grand intérêt.

Les effets de la pollution se manifestent par des malformations (érosion, déformation, etc....) qui sont classés à l'échelle macroscopique et microscopique, tenant compte que les anomalies sont situées au niveau anatomique ou cellulaire/tissulaire (**Richard *et al.*, 2016**).

### I.4.1 Les anomalies macroscopiques

Parmi les parties les plus importantes du processus d'évaluation de la santé des écosystèmes et de la faune aquatique l'examen, la classification et la quantification des anomalies externes chez les poissons. Ces anomalies morphologiques des bioindicateurs aquatiques est un avertisseur de sédiments contaminés par des substances toxiques et signes de changements environnementaux (**Richard *et al.*, 2016**). Ci-après, les anomalies les plus fréquentes chez les poissons.

- **Déformations**

Ce sont des anomalies morphologiques ou appelées corporelles, qui peuvent affecter un organe ou une partie du corps, se manifestant par des modifications de la forme, des proportions ou de l'aspect par rapport à la normale ; elles peuvent être acquises au cours de la vie suite à des traumatismes ou mal nutrition, comme elles peuvent être congénitales et génétique (**Richard *et al.*, 2016 ; Girard *et Elie* 2007**).



**Figure 2 :** Déformations rencontrées chez le poisson. Déformation de la colonne vertébrale (cercle jaune) Doré jaune (*Sander vitreus*) (Richard *et al.*, 2016) ; **(b)** Détachement et cassures des rayons de la nageoire caudale du *Barbus callensis* Oued Soummam. (Djoudad-Kadji *et al.*, 2014).

- **Erosion**

L'érosion se définit comme une perte de tissus, principalement au niveau des nageoires, mais elle peut aussi affecter les opercules, les arcs branchiaux et les barbillons. L'érosion des nageoires est fréquente chez les poissons qui vivent en eaux polluées, causé principalement par des pollutions chimiques (pesticides, métaux, détergents ...), biologique (bactérie, virus et autre champignons). Le cannibalisme aussi est l'une des causes de l'érosion chez le poisson (**Girard et Elie, 2007**).

**Figure 3** : Érosion de la nageoire caudale, Chevalier jaune (*Moxostoma valenciennesi*) (Richard *et al.*, 2016).



- **Perte des écailles**

La perte d'écaille correspond à une dépouille de la peau par de mucus, ne laissant généralement aucune trace (sang, rougeur ou revêtement blanchâtre quelconque), causé par des bactéries ou du a un traumatisme (**Richard *et al.*, 2016 ; Girard et Elie 2007**).

**Figure 4** : Perte des écailles (cercle jaune) chez télescope – noir *Auratus* (*Linnaeus, 1758*) (Girard *et Elie* 2007).



- **Hémorragie de l'anus**

C'est une inflammation de l'anus avec, éventuellement, prolapsus anal avec même des saignements. Elle présente une zone inflammatoire ou hémorragique anale ou péri anale, comprenant une extériorisation partielle ou totale de l'anus, causé par une infection bactérienne, virale ou parasitaire et dû aussi à l'action de déféquer (**Girard et Elie, 2007**).

**Figure 5** : Anus saillant et hémorragie périanale anguilles (Girard *et Elie* 2007).



- **Hémorragie oculaire**

C'est une effusion de sang à l'intérieur de l'œil. Des zones hémorragiques, diffuses ou non, sont visibles dans ou autour de la chambre antérieure de l'œil. Ce type d'anomalie est causé par des maladies infectieuses, parasitaires ou par des traumatismes (Girard et Elie, 2007).

**Figure 6 :** Hémorragie dans la chambre antérieure de l'œil Meunier noir (Uhland *et al.*, 2000).



- **Exophtalmie**

L'exophtalmie, est une extrusion et une augmentation anormale de la taille du globe oculaire hors de son orbite (œil exorbité), qui peut être uni ou bilatérales, caractérisé par l'accumulation de liquide lymphatique dans le globe oculaire. Les causes directes sont dues à la présence de bactéries le plus souvent, mais parfois aussi des virus ou des parasites, ainsi que des facteurs de stress (Pollution ou acclimatation) et alimentation inadapté sont aussi à l'origine de l'apparition de l'exophtalmie (Richard *et al.*, 2016 ; Girard et Elie 2007).

**Figure 7 :** Début exophtalmie (cercle jaune) Meunier noir (Richard *et al.*, 2016).



- **Opacité**

Premier stade de la cataracte, c'est une perte de transparence de la cornée causé par une destruction du cristallin et des autres structures oculaires, où le cristallin de l'œil montre au début une réaction inflammatoire avec des petits points ou des lignes blanchâtres, perdant progressivement sa transparence avec présence d'œdème et devient ainsi opaque et blanc, causant une perte de la vision chez le poisson. Souvent causées par des infections parasitaires, déséquilibre nutritionnel, pollution, et d'autres facteurs génétiques. (Richard *et al.*, 2016 ; Girard et Elie 2007).

**Figure 8 :** Opacité partielle de l'œil, Meunier noir (*Catostomus commersonii*) (Richard *et al.*, 2016).



- **Anomalies gonadiques**

Les gonades de *B. callensis* ne sont pas épargnées par des anomalies externes, tel que les déformations. Une constriction chez le mâle de cette espèce a été signalée au niveau de l'oued Soummam (Djoudad-Kadji *et al.*, 2014) qui représente une malformation du testicule caractérisée par deux compartiments testiculaires mais sans séparation.

**Figure 9** : Déformation « Constrictions » au niveau médian du testicule au niveau de l'appareil reproducteur de *Barbus callensis* pêché dans l'oued Soummam. (Djoudad-Kadji, 2014).



#### I.4.2 Les anomalies microscopiques

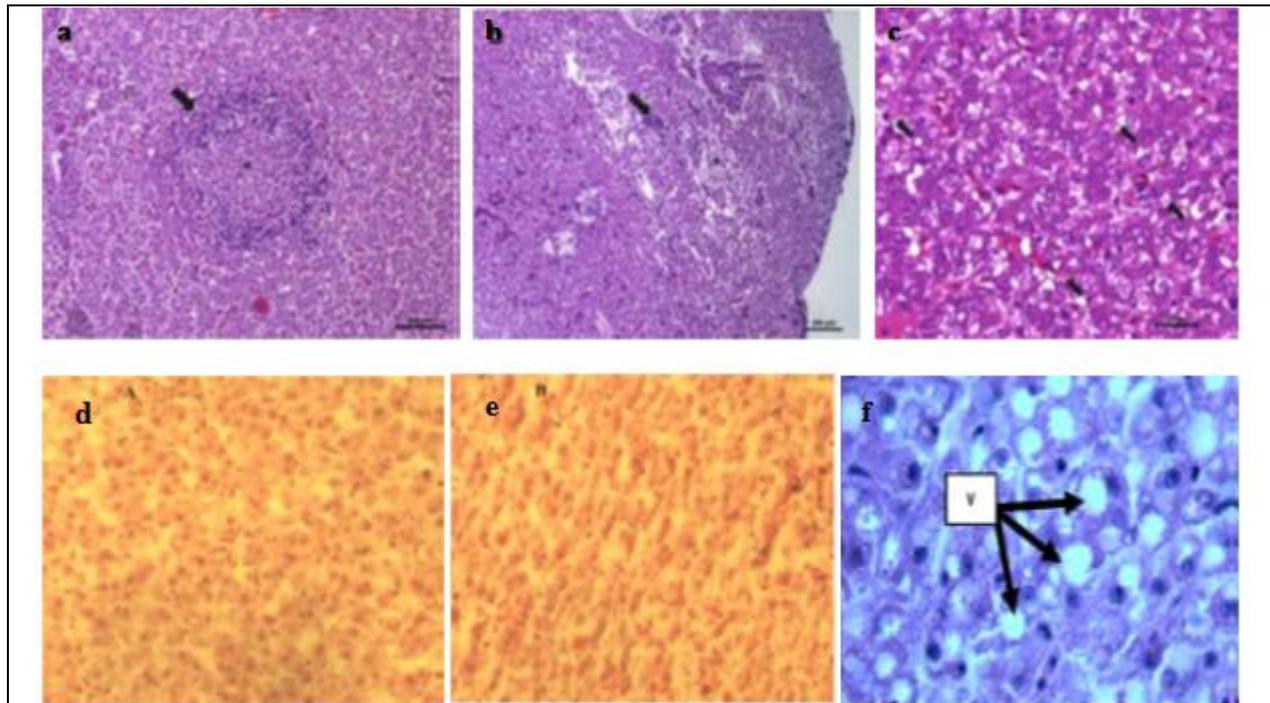
L'histologie est un autre champ disciplinaire important d'investigation et d'étude en ichtyopathologie, jouant un rôle primordial dans l'estimation de l'état de santé du poisson (Genten *et al.*, 2015).

- **Histopathologie du foie**

Plusieurs études ont été faites sur le foie du poisson à travers le monde ; Al-Zaidan *et al.* (2015) ont indiqué plusieurs lésions chez *A. thalassinus* et *P. quadrilineatus*.

Tandis que Laith *et al.* (2017) ont rapporté l'existence de la congestion qui induit l'écoulement réduit de sang et de changement vacuolaire marqué de dégénération des hépatocytes, selon ces auteurs, la cause principale est due à une infection par *Streptococcus agalactiae*.

Quant à Van Dyk *et al.*, (2007) ont noté des changements histologiques du foie chez *Oreochromis mossambicus* d'eau douce d'Afrique australe ayant été exposé au zinc, par dégénérescence hépatique et augmentation de la vacuolation associée aux lipides ; Comme Ben Amour *et al.* (2012) ont constaté une vacuolisation étendue, correspondant à un contenu relativement plus élevé de glycogène et/ou de lipide ; une désintégration hépatocellulaire de la membrane et des plages de nécroses et forme d'apoptose.



**Figure 10 :** Coupes histologiques de foie montrant le tissu hépatique avec des changements pathologiques.

**a)** Zone discret de la nécrose de foie(\*), enveloppé par réponse inflammatoire de lymphocytes/monocytes (flèche). L'infiltration lymphocytaire et monocytaire (inflammation) a été souvent observée chez *A.thalassinus* dispersé entre les hépatocytes dans une proportion de poissons relativement grande à tous les emplacements et a été rarement vue former les foyers discrets (Al-Zaidan *et al.*, 2015).

**b)** Zone étendu de la nécrose montrant la perte de structure architecturale normale (\*) et infiltration marquée de lymphocyte/monocyte (flèche) (Al-Zaidan *et al.*, 2015).

**c)** La couleur comme brun dans le cytoplasme des hépatocytes (flèches) a suggéré la cholastase hépatique putatif (Al-Zaidan *et al.*, 2015).

**d)** Vacuolisation cytoplasmique des hépatocytes.

**d) et e)** Tissu nécrotique de foie (Ben Amour *et al.*, 2012)

**f)** V : Vacuolisation (Van Dyk *et al.*, 2007).

- **Histopathologie des gonades**

Les gonades sont des glandes endocrinienne, font partie des organes d'intérêt pour la reproduction (**Van der Ven et al., 2003**). Ce sont des organes non épargnés par les anomalies ; Les substances toxiques présentes dans l'eau qui sont généralement des mélanges complexes de produits chimiques tels que les engrais, les produits pharmaceutiques et les pesticides, considérés comme perturbateurs environnementaux qui engendrent des effets néfastes sur les organismes aquatiques tels que les altérations dans les processus du développement de la reproduction (**Aberkane, 2010 ; Djoudad-Kadji & al., 2012**).

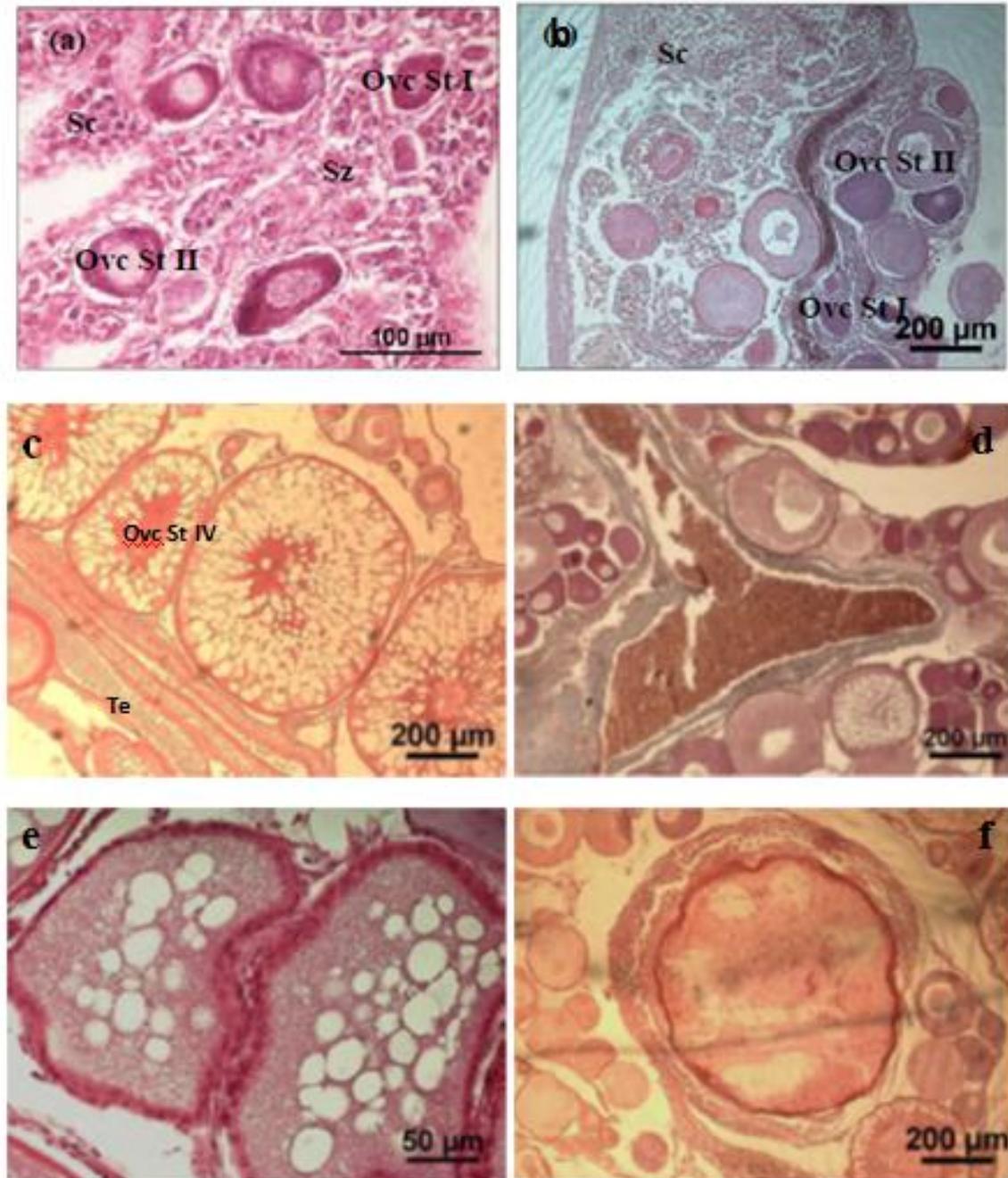
Toute perturbation environnementale peut donc jouer un rôle important dans l'équilibre physiologique des poissons (**Scott et Sloman, 2004**).

Des malformations microscopiques du système reproducteur ont été signalées chez l'espèce *Barbus callensis* de l'oued Soummam, dans lequel des individus ont manifesté des hermaphrodismes synchrones à formes très diverses (**Djoudad-Kadji et al., 2012**). La même étude montre que chez un poisson macroscopiquement identifié en tant que femelle, la gonade présente un mélange des oocytes principalement primaires entremêlés avec le tissu testiculaire comprenant des spermatoocytes.

**Mouni et al, (2009)** considèrent l'oued Soummam comme un exutoire et un transporteur des différents rejets urbains et industriels et classée comme étant rivière extrêmement polluée et constitue l'une des rivières les plus polluées dans le monde

Une étude sur tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) en Afrique du Sud à démontrée que l'exposition aux effluents d'eaux usées non traitées provoquerais une inversion sexuelle (**Barnhoorn & al. 2010**). D'après **BERNET & al. (2008)** la cause probable des malformations gonadiques était l'accumulation des xénobiotiques dans des corégones par l'intermédiaire du plancton.

Des d'ovocyte atrétiques ont été également observés chez les mêmes individus. L'apparition de follicules atrétiques est un phénomène commun chez les poissons. L'atrésie peut être induite par plusieurs facteurs comme le stress, le jeûne, les biocides, la température, ou des taux d'hormones anormaux (**Weber et al., 2003**).

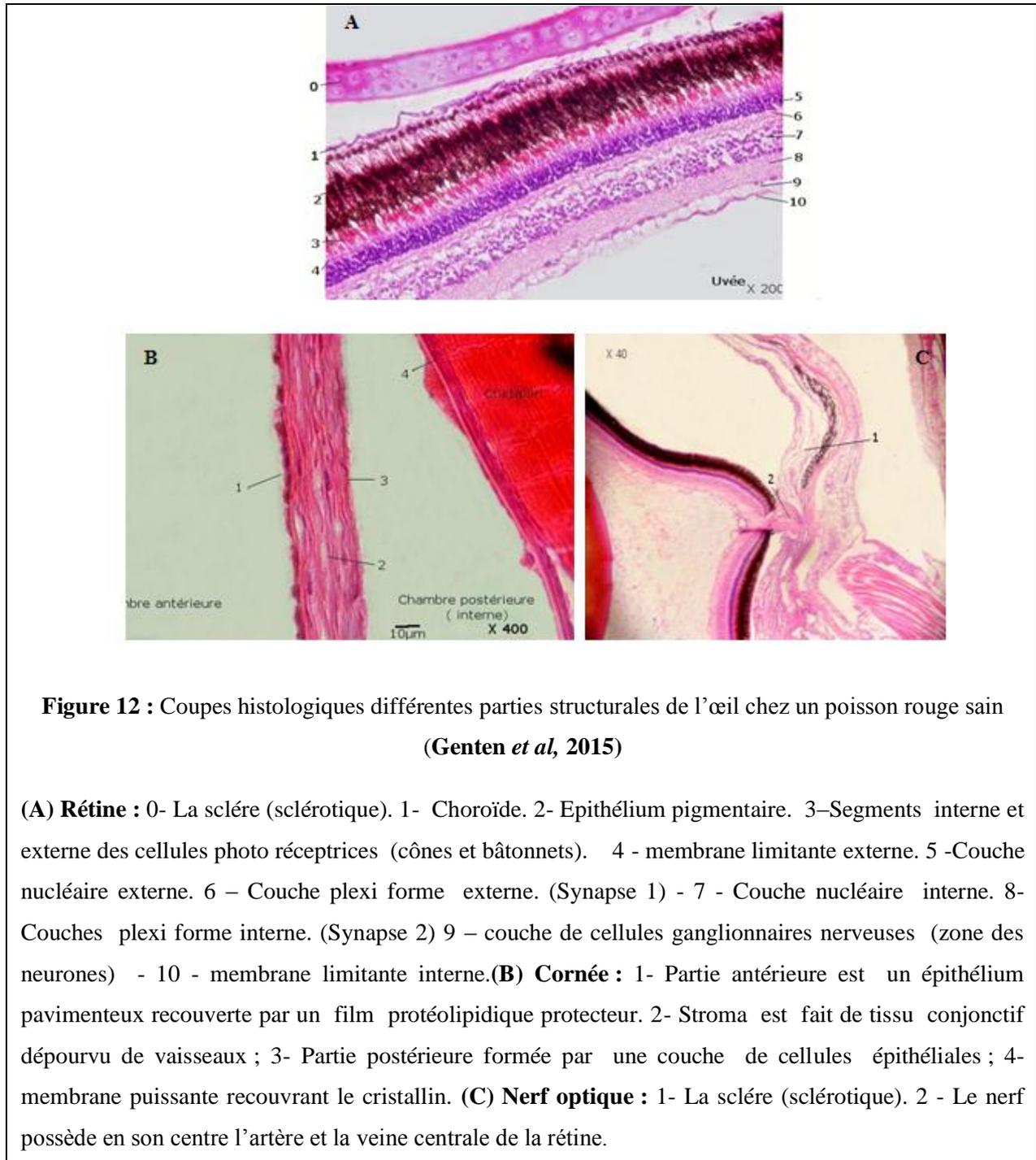


**Figure 11** : Coupes histologiques au niveau de la partie femelle des spécimens intersexués de *B. callensis* pêchés dans l'oued Soummam (Djoudad-Kadji *et al.*, 2014).

- a) et b)** des ovocytes primaires (**Ovc St I et St II**) présents dans le tissu testiculaire (**Te**) ;  
**c)** Ovaires (**Ov**) à différents stades de maturité sexuelle entourés d'un tissu testiculaire (**Te**) ;  
**d)** ovocytes atrétiques ; **e) et f)** Atrésie.

- **Histopathologie de l'œil**

L'organisation de l'œil du poisson suit la structure générale trouvée chez tous les vertébrés. L'œil des poissons reste un organe sensoriel très complexe. Des coupes normales ont été illustrées par **Genten *et al*, 2015**.



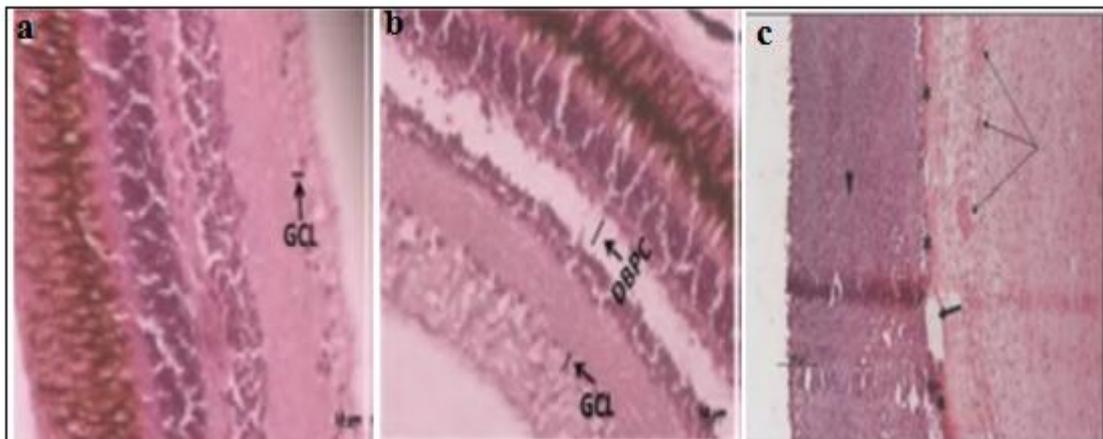
Une étude sur les effets de différentes de nickel (Ni) dans l'œil du *Mugil cephalus*, a été réalisée par **Nagarjuna et Mohan en 2016**, en vue d'analyser la toxicité aigue sur les différentes composantes de l'œil. Cette étude a démontré divers changements histopathologiques :

- Réduction du nombre de cellules sphériques granulaires dans la couche de cellules de ganglion au niveau de la rétine.
- Détachement des cellules bipolaires des cellules de photorécepteur.
- Œdème rétinien associé à une hémorragie oculaire.

L'accumulation en métaux dans l'objectif de l'œil peut être la cause des affaiblissements oculaires chez les poissons (**Choudhury et al. 2015**), ce qui amène progressivement à la destruction du nerf optique causant ainsi une perte de vision (**Nagarjuna et Mohan, 2016**).

Les anomalies cellulaires de l'œil se manifestent par :

- Des hypertrophies épithéliales;
- La nécrose des lamelles secondaires;
- Le gonflement lamellaire dans les branchies;
- Le détachement des cellules bipolaires des cellules de photorécepteurs dans la rétine.



**Figure 13** : Certaines anomalies observées dans l'œil de poissons Rétine de l'œil de *M. cephalus* exposée au Nickel à des concentrations différentes.

- a) Une réduction du nombre de cellules sphériques granulaires dans la couche de cellules de ganglion.
- b) Détachement des cellules bipolaires des cellules de photorécepteur. (**Nagarjuna et Mohan, 2016**).
- c) Zone de l'œil du tilapia hybride *Oreochromis spp.* Naturellement infecté par *Streptococcus agalactiae* présentant une hyperplasie de la rétine (tête de flèche), l'œdème de la rétine (flèche épaisse), l'hémorragie choroïdale (flèche mince), et l'œdème choroïdale (astérisque) avec l'infiltration cellulaire inflammatoire (**Laith et al., 2017**).

# Matériel

# Et

# Méthodes

**« Eau! [...] Tu n'es pas nécessaire à la vie : tu es la vie »**

**Antoine de Saint-Exupéry.**



## II.1 Description du milieu d'étude

Le choix du site d'étude est porté sur l'oued Djamaa dans la région de Boukhlifa wilaya de Béjaia. Il représente l'un des principaux Oued de la région après celui de la Soummam et Oued Agerioune.

Le bassin versant de l'Oued Djamaa a été choisi en raison de sa représentativité dans la région d'un côté, et d'autre par manque de données sur ce dernier. En effet, aucune étude n'existe encore sur ce sujet.

L'Oued Djamaa, cours d'eau profond à courant moyen et rapide (selon l'afflué), avec un sol de roches, de cailloutis et de graviers, et mou et sableux dans la zone à barbeaux ; avec des températures atteignant les 25°C. L'oued prend sa source sur le flanc Ouest du massif des BABORD. Il naît en amont de KENDIRA et emprunte le défilé des communes KENDIRA, BARBACHA, BOUKHELIFA puis débouche en mer au niveau de la plaine de TICHY (**Kherzi, 2011**).

Le talweg principal de l'Oued Djamaa, avec une longueur totale d'environ 40 km est constitué de 22 cours d'eau reliés. Il peut être divisé en trois tronçons bien distincts : L'amont de 10 km de longueur, avec une pente relativement élevée dans le sens d'une accentuation de la vitesse de propagation des crues, le tronçon moyen (Environ 17 km) avec une faible pente et l'aval (13 km) avec une pente encore plus faible. La figure suivante représente la situation du bassin versant d'étude et le site d'échantillonnage (**Kherzi, 2011**).



**Figure 14 :** Carte satellitaire montrant le site d'échantillonnage au niveau de l'Oued Djamaa (Google earth, 2018).

## II.2 Méthode d'échantillonnage du poisson

Le site d'échantillonnage est localisé à 15 Km le long du talweg en partant de l'aval, et à 40 Km du chef lieu de la wilaya de Bejaia. Désigné par l'étoile rouge **X** sur la carte (Figure 14).

L'échantillonnage a été réalisé en utilisant une cane à pêche, un hameçon et une pâte préparée à base de semoule avec un peu d'eau a été utilisée comme appât.

Sur les huit (08) sorties effectuées, trois (03) d'entre elles ont donné fruit de quarante-deux (42) individus de barbeau, capturés durant le mois d'avril 2018, mais pour des raisons de contraintes de paillasse, 20 spécimens seulement ont été étudiés au laboratoire.

## II.3. Evaluation de la qualité de l'eau

Sur le long du talweg principal du bassin versant de l'oued Djemaa, seul le site de pêche prospecté est concerné par des analyses physico-chimiques et bactériologiques, dont le but est d'évaluer la qualité des eaux, et à fait l'objet de trois (03) compagnes de prélèvement des eaux ; et cinq (05) stations sont concernées par l'évaluation de la pollution métallique.

Les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses et de contrôle de qualité et de conformité **SNC PREVOLAB (El kseur)**. Les méthodes et les appareils utilisés pour chacun des paramètres Physico-chimiques et microbiologiques analysés sont rapportés en Annexes (Annexe 2 et 3)

### II.3.1 Analyses physico-chimiques

Nous nous sommes intéressés à 16 paramètres caractérisant la qualité de l'eau. Il s'agit du pH, la conductivité électrique (Cond  $\mu$ s), le Calcium ( $Ca^{2+}$ ), le Magnésium ( $Mg^{2+}$ ), les Chlorures ( $Cl^-$ ), les Sulfites ( $SO_3^{2-}$ ), les Nitrates ( $NO_3^-$ ), les Nitrites ( $NO_2^-$ ), les Phosphores ( $PO_4^{3-}$ ), Sulfates ( $SO_4^{2-}$ ), le Fer (Fe), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biologique en Oxygène (DBO5). (Annexe 2)

### II.3.2 Analyses microbiologiques

Toutes les techniques et les tests utilisés dans cette étude sont réalisés suivant les méthodes adoptées par Rodier *et al.*, (2009) ainsi que celle des Normes Algériennes du journal officiel (Journal officiel N°35 du 27/05/1998). Six dénombrements de bactéries sont effectués par culture bactérienne. Il s'agit des **Germes totaux** [Germes aérobies à 22°C et les Germes aérobies à 37°C], des **Coliformes** [Coliformes totaux à 37°C], des **Coliformes fécaux** (*E. coli*) [Coliformes fécaux à 44°C], **streptocoques fécaux** à 37°C, des **Clostridium sulfito-réducteur** à 44°C, des **Streptocoques à 37°C** et les **Vibrion cholera**. (Annexe 3)

### II.3.3 Méthode de prélèvement des eaux

A la fin de chaque récolte de poisson, des prélèvements d'eau sont effectués aussi près possible du site de pêche et à une certaine profondeur.

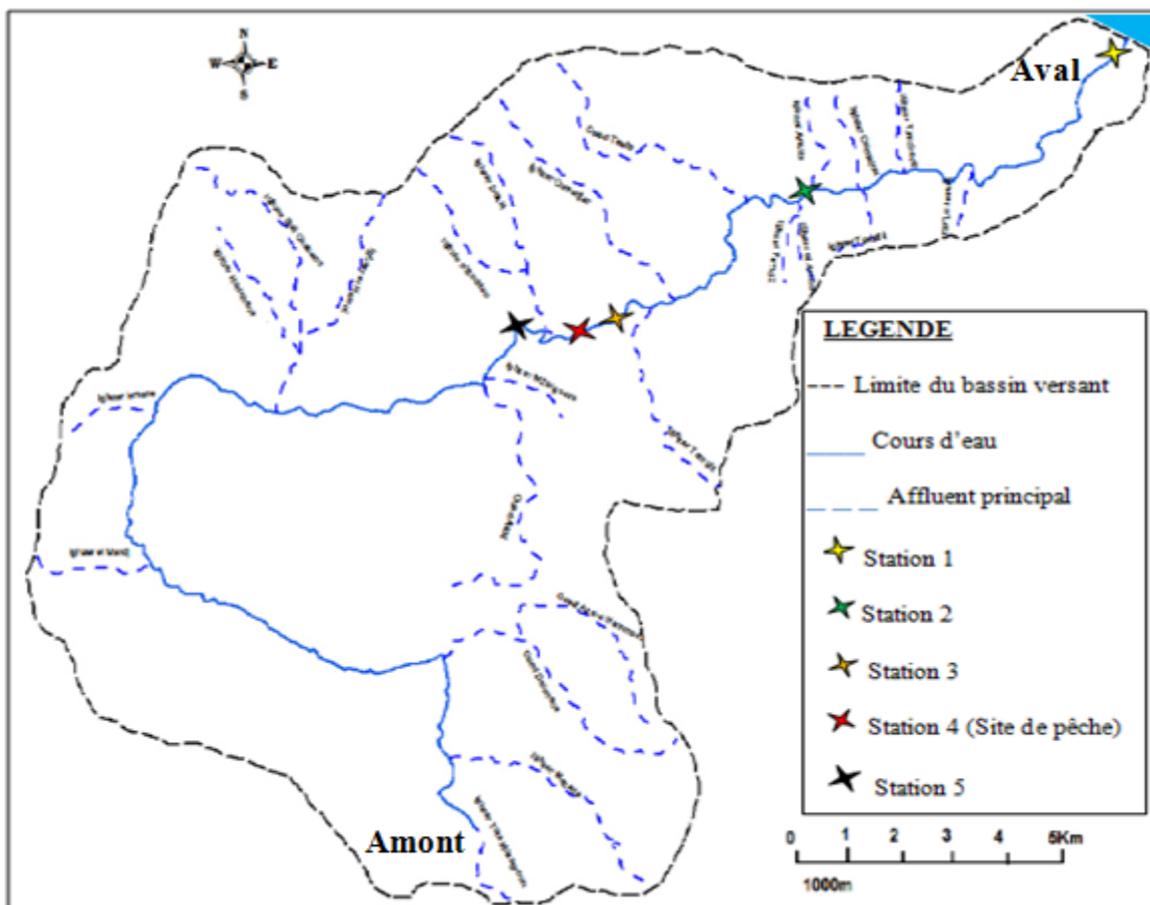
Pour les paramètres Physico-chimiques, une bouteille en plastique propre de 2 L est remplie à chaque campagne.

Pour la partie Microbiologique 2 à 4 flacons stériles de 100 ml sont ouverts au moment du prélèvement et rempli de la même manière.

Les prélèvements d'eau sont transportés dans une glacière, puis conservés au réfrigérateur pour qu'ils soient étudiés le lendemain matin.

### II.4 Dosage des métaux lourds dans l'eau

Ce dosage est effectué dans le but de détecter la pollution de l'oued Djemaa par les métaux à l'échelle de traces, c'est pourquoi cinq (05) stations aléatoires ont été choisies sur une distance de 20 Km de l'aval en montant vers l'amont de la rivière.



**Figure 15** : Carte montrant les 5 stations d'études de métaux lourds.

### II.4.1 Principe général de la S.A.A

La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) c'est une méthode qui s'adresse essentiellement aux métaux lourds qui permet de doser une soixantaine d'éléments à l'état de traces (quelques ppm), elle est basée sur la propriété des atomes de l'élément à doser, qui peuvent absorber des radiations de longueurs d'ondes déterminées, La méthode est quantitative et relative, il faut donc faire un étalonnage.

Le dosage des métaux étudiés (Pb, Zn et Cu) a été réalisé par la spectrométrie d'absorption atomique à flamme. Cette analyse est effectuée au niveau **du laboratoire de génies des procédés** (Université de Bejaia).

### II.4.2 Etalonnage

La SAA est une méthode expérimentale qui exige l'étalonnage de l'appareil, avec des solutions standards de concentration connus. Pour notre cas, on a utilisé la méthode qui consiste à mesurer la concentration d'un élément dans un échantillon, et cela par comparaison directe avec des teneurs connues du même élément. L'appareil est étalonné à partir des solutions standards contenant des teneurs connues du métal.

### II.4.3 Méthodes de dosage

Avant de procéder au dosage des échantillons par la SAA, après minéralisation à l'acide nitrique, une filtration leurs a été faite dont le but de supprimer toutes particules indésirables.

- Les 5 tubes d'eau de 12 ml ont été filtrés par du papier filtre.
- Puis une 2<sup>ème</sup> filtration à été faite avec un filtre à seringue, ensuite les 5 échantillons ont été dosés par la SAA, les résultats sont obtenus sur ordinateur connecté.



**Figure 16 :** Appareil de spectrométrie d'absorption atomique

## II.5 Etudes des poissons

### II.5.1 Travail de laboratoire

Une fois les poissons capturés, ils sont conservés vivants dans un seau rempli de l'eau de la rivière évitant leur décomposition, puis transportés au laboratoire pour être traités.

Après avoir attribué un code à chaque individu, les poissons sont ensuite sacrifiés ; un ensemble de mensurations du corps ont été effectuées individuellement et cela à l'aide d'une règle graduée ; Des pesées ont été également effectuées par une balance de précision, cela a concerné le poids total d'individu, et après dissection : le poids éviscéré et le poids des gonades, du foie et des yeux ont été notés.

Les poissons ont été sexés et l'ensemble de ces mensurations morphométriques est saisi et rapporté sur un tableau (Tableau 5).

### II.5.2 Examens macroscopiques

L'observation des anomalies externes s'effectue déjà sur le milieu au moment de la capture, en tenant compte d'en oublier aucune partie du corps, telles que : la couleur du corps, l'exophtalmie, les écailles, présence ou non d'hémorragie, les lésions...etc. En parallèle, des photographies de chaque cas d'anomalies ont été prises.

Cette opération est indispensable pour éviter les processus inflammatoires qui rendent le diagnostic incertain ou impossible, c'est d'ailleurs pourquoi nous avons veillé au transport des poissons vivants jusqu'au laboratoire.

Une fois arrivée au laboratoire, un deuxième examen des anomalies citées plus haut se réalise afin de s'assurer des notes prises et de l'état réel des individus transportés. Cependant, comme le poisson est examiné juste après l'avoir sacrifié, alors aucun changement d'état n'a été enregistré durant la période d'étude.

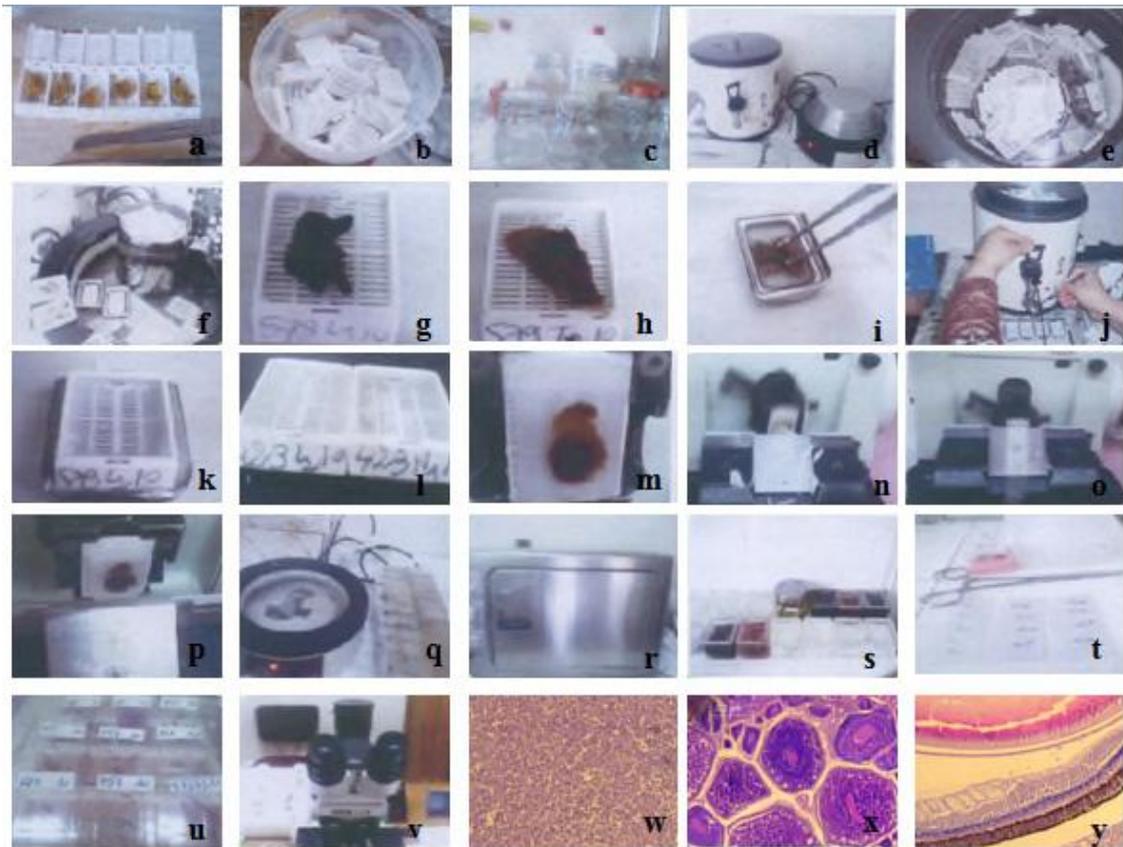
Ce type d'examen nécessite la dissection des poissons afin de pouvoir analyser des éventuelles anomalies et détecter davantage des pathologies pouvant toucher les différents organes notamment le foie, les gonades et les yeux, et ainsi ils sont pris pour une analyse histologique.

### II.5.3 Examens microscopiques

Ces manipulations ont été réalisées au laboratoire de Génie Biologique des Cancers (Faculté de médecine- Aboudaou- Bejaia)

Cet examen a été réalisé par l'exploration de la technique histologique qui assure la description des détails des modifications internes des ovaires et des testicules, foie et d'œil, la réalisation des ces coupes a été effectuée suivant le protocole optimisé pour le barbeau par Djoudad-Kadji *et al.* (2011). Les étapes sont comme suit :

Etape	Explication
<b>Fixation</b>	Elle a pour but d'immobiliser les structures des échantillons en respectant dans la mesure du possible la morphologie des structures. Après dissection, les organes (ovaires, testicules, foie, yeux) ont été fixés dans le formol à 10% (Formaldehyde) qui a été préparé du 10 ml du formol commercial à 37% et 90 ml d'eau distillé.
<b>Déshydratation</b>	Après fixation, les organes ont subi une déshydratation dans des bains d'éthanol de concentration croissante (70%, 80%, 95%, 100%).
<b>Clarification et imprégnation</b>	Les pièces ont suivi une clarification dans le xylène, une imprégnation puis une inclusion dans la paraffine (point de fusion: 55-57 °C).
<b>Coupes</b>	Les blocs ont été débités au moyen d'un microtome de type Leica RM2025, L'épaisseur des coupes était de 3 µm. Les coupes réalisées ont été déposées sur des plateaux puis collées sur lames de verre avec de l'eau albumineuse en opérant sur une platine chauffante.
<b>Hydratation</b>	L'hydratation a été effectuée dans trois bains d'éthanol de degrés décroissants (100 %, 90 % et 70 %) suivis d'un lavage à l'eau distillée.
<b>Coloration des coupes</b>	Par l'utilisation de l'hématoxyline: 5 min; eau courante: rincer; éosine à 1 %: 7 min; eau courante: rincer.
<b>Déshydrations et montage</b>	Juste après coloration, les lames sont trempées dans trois bains d'éthanol absolu puis dans deux bains de xylène. Le montage a été réalisé entre lame et lamelle à l'Eukit.
<b>Lecture et prise de photos</b>	La lecture des lames a été faite après observation au microscopique optique de type Leica, où des prises de photos ont été assurées.



**Figure 17 :** Etapes de la réalisation des coupes histologiques.

**a)** Les prélèvements histologiques ; **b)** Un récipient contient des cassettes immatriculées ;  
**c)** La circulation: déshydratation ; **d)** L'inclusion ; **e)** L'imprégnation (1er bain) ; **f)** L'imprégnation (2ème bain) ; **g)** et **h)** Les fragments histologiques après l'imprégnation ; **i)** Un moule à confectionner ;  
**j)** L'enrobage: distributeur de la paraffine ; **k)** Bloc confectionné dans un moule ; **l)** Blocs de la paraffine ; **m)** Bloc placé sur le microtome. **n)** Le dégrossissement ; **o)** La coupe1 ; **p)** La coupe2 ;  
**q)** L'étalement des rubans ; **r)** Séjour des rubans dans une étuve ; **s)** La coloration ; **t)** Le montage ;  
**u)** L'étiquetage ; **v)** La lecture microscopique ; **w)** Image histologique de foie ; **x)** Image histologique de gonade ; **y)** Image histologique de l'œil de poisson.

# Résultats

# Et

# Discussion

**« La théorie, c'est quand on sait tout et que rien ne fonctionne.**

**La pratique, c'est quand tout fonctionne et que personne ne sait pourquoi.**

**Ici, nous avons réuni théorie et pratique : Rien ne fonctionne  
... et personne ne sait pourquoi ! »**

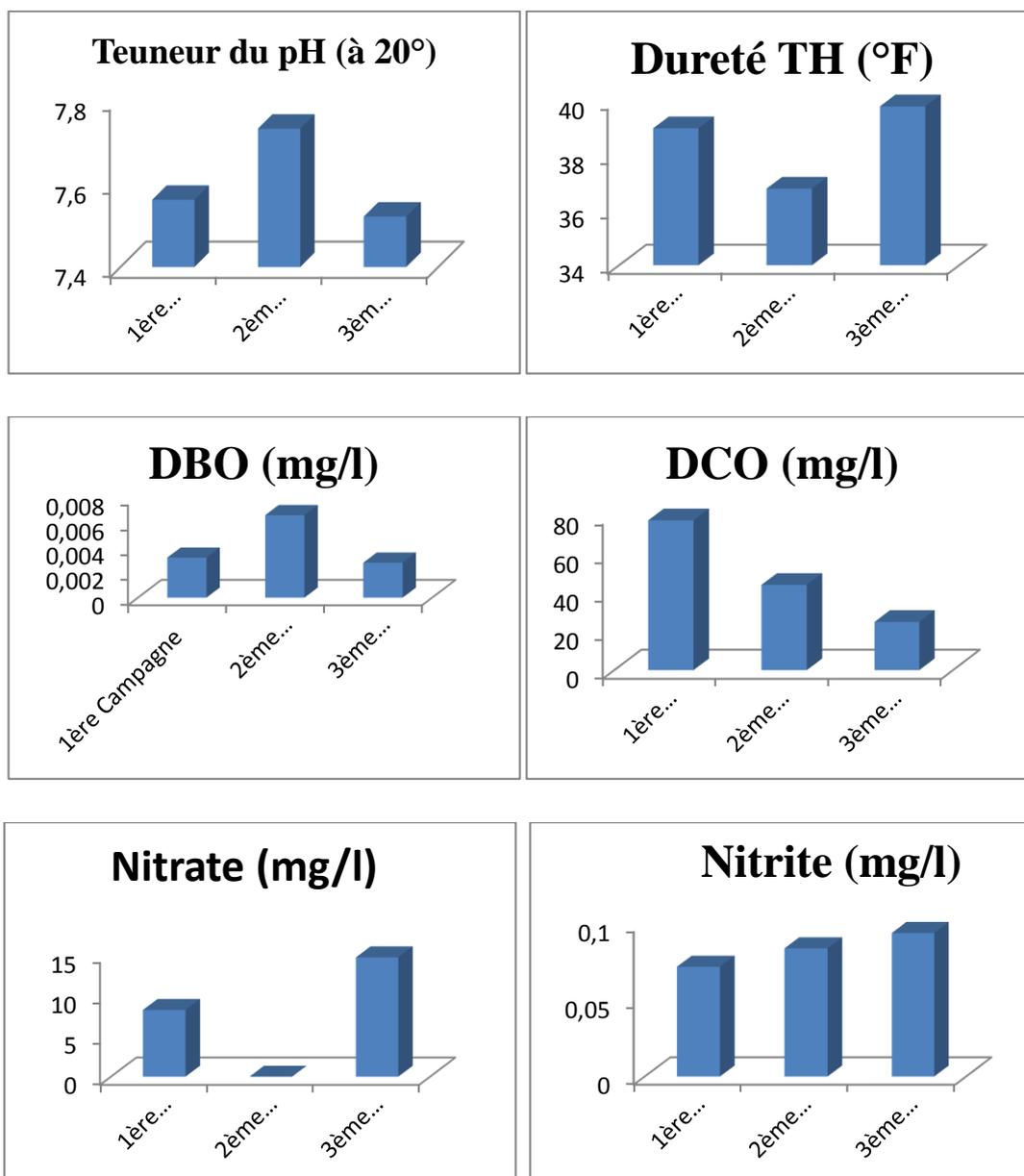
**Albert Einstein.**

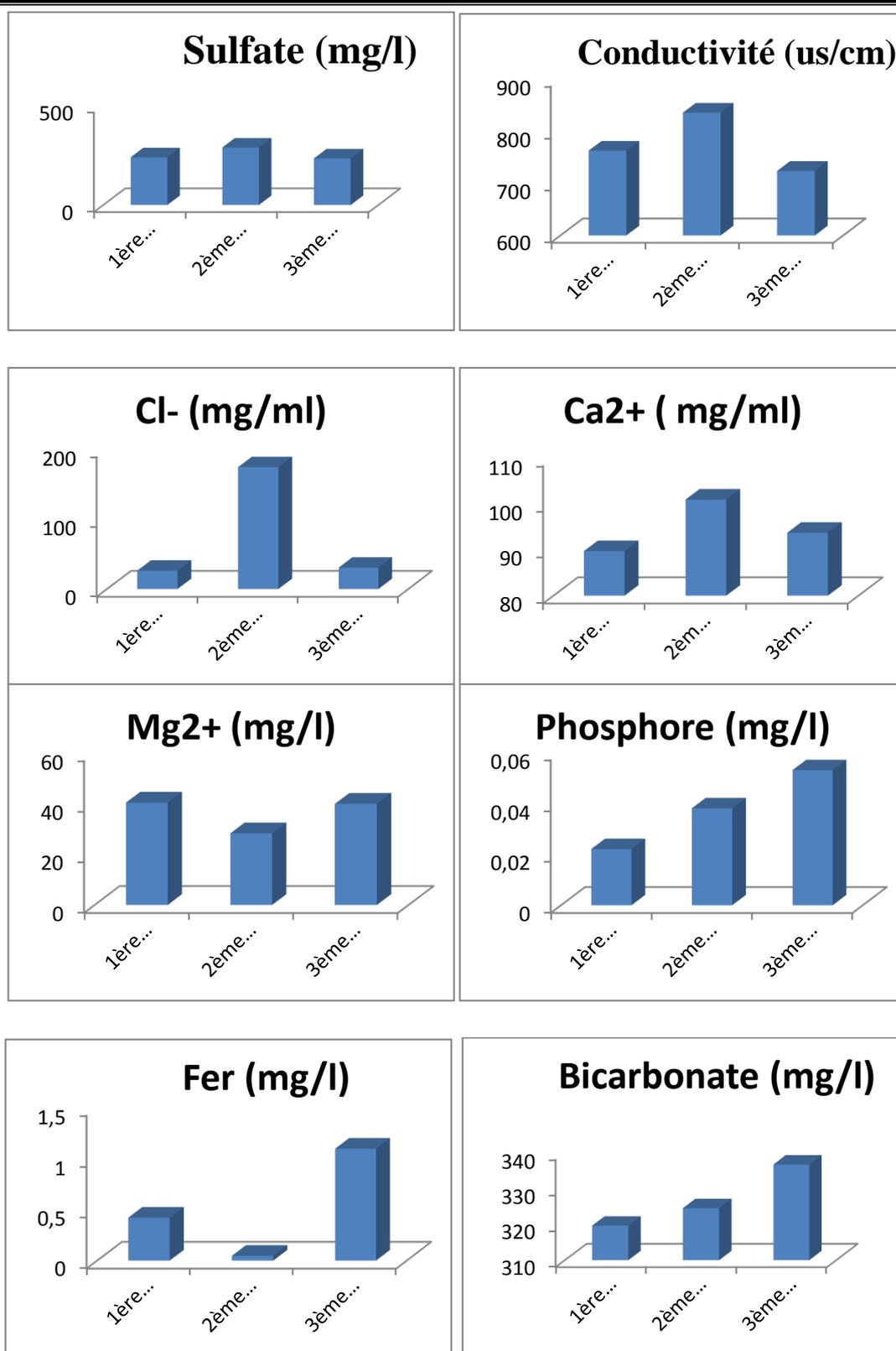


### III.1 Analyses des eaux

#### III.1.1 Analyses physico-chimiques

L'analyse physico-chimique a concerné des paramètres principaux pouvant avoir un effet nuisible sur la santé des poissons si leurs valeurs excèdent les normes admises pour les eaux de surface. Les résultats des analyses sont représentés par les histogrammes suivants :





**Figure 18 :** Histogrammes illustrant les variations des paramètres physico-chimiques analysés.

Paramètres	1 <sup>ère</sup> Campagne	2 <sup>ème</sup> Campagne	3 <sup>ème</sup> Campagne	Les Normes
pH (à 20°)	7,56	7,73	7,52	6.5 < pH < 8.5
Conductivité (us/cm)	763	836	724	Max 2800
Dureté TH (°F)	39	36,8	39,8	>20
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	89.78	101	93,79	100-270
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	40.35	28,19	39,87	50
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	26.23	174,41	30,49	200 à 500
TAC (mg/l)	5.24	5,32	5,52	
Bicarbonate (mg/l)	319.64	324,52	336,72	250
Nitrite (mg/l)	0,072	0,084	0,094	0.1
Phosphore (mg/l)	0,022	0,038	0,053	0.4-0.7
Nitrate (mg/l)	8,22	0	140,70	25-50
Sulfate (mg/l)	239,25	288,04	233,64	150-400
Sulfit(mg/l)	25,99	18,42	11,03	
Fer (mg/l)	0,42	0,046	1,096	0.1-0.4
DCO (mg/l)	77,76	44,16	24,96	30
DBO (mg/l)	0,0032	0,0066	0,0028	<3

**Tableau 1** : Résultats des analyses physico-chimiques et les normes requises par les Norme Algérienne.

- **Le potentiel d'hydrogène (pH)**

C'est l'un des paramètres importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

La valeur maximale du pH est de 7,75 obtenue lors de la 2<sup>ème</sup> campagne. La 3<sup>ème</sup> campagne a révélé un pH de 7,52, quand a la 1<sup>ère</sup> a enregistré le pH le plus faible avec 7,56.

Le pH de l'eau de la rivière est légèrement alcalin mais reste dans les normes ; Cette alcalinité peut être expliquée par la nature géologique des terrains (Kherzi, 2011), aussi elle peut être liée à la qualité des eaux usées et de drainage évacuée dans la rivière. Il a été rapporté dans la littérature que l'élévation du pH peut provoquer des rougeurs chez les poissons (Schaperclaus, 1962).

- **La dureté totale**

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (RODIER J., 2009). La valeur maximale de dureté est de 39,8 F° obtenue lors de la 3<sup>ème</sup> campagne. La 1<sup>ère</sup> campagne a révélé une dureté de 39 F°, quand a la 2<sup>ème</sup> a enregistré la dureté la plus faible avec 39 F° ; toutes les teneurs répondent aux normes indiquées.

- **La DBO<sub>5</sub> et la DCO**

Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), la valeur maximale de la DBO<sub>5</sub> est de 0.0066 mg/l obtenue lors de la 2<sup>ème</sup> campagne. La 1<sup>ère</sup> campagne a révélé une DBO<sub>5</sub> de 0.0032 mg/l quand a la 3<sup>ème</sup> a enregistré la DBO<sub>5</sub> la plus faible de 0.0028 mg/l; toutes les teneurs répondent aux normes indiquées. Mais leur présence indique la présence des eaux usées domestiques et agricole (Mouni, 2009). Selon Schaperclaus (1962) une DBO<sub>5</sub> déséquilibré favorise la prolifération de certaines bactéries responsables des lésions au niveau de différents organes de poissons voire des furoncles, tumeurs, inflammations, ailettes endommagées, érosions, perte de la couleur, ulcération et hémorragies.

Pour ce qui est la demande chimique en oxygène DCO, elle a largement dépassée les normes requise de >30 mg/l lors de la première campagne atteignant la valeur maximale enregistrée qui est de 77.76 mg/l, suivie de la 2<sup>ème</sup> campagne avec 44,16 mg/l et la valeur minimale était de 24,96 mg/l légèrement sous la norme. Ces valeurs élevées de la DCO correspondent à une forte teneur de matière organique présente dans la rivière liée aux dépôts des eaux usées et cela dans un milieu nettement pollué à de faibles valeurs de DBO<sub>5</sub>.

- **Les nitrates (NO<sub>3</sub>-)**

Les teneurs en nitrate varient de 0 mg/l lors de la 2<sup>ème</sup> campagne, à 14,70 mg/l valeur maximale enregistrée lors de la 3<sup>ème</sup> campagne et une valeur de 8,22 mg/l a été enregistrée lors de la 1<sup>ère</sup> campagne. Les nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de croissance du phytoplancton. Les valeurs restent inférieures aux normes.

---

- **Les nitrites (NO<sub>2</sub>-)**

La plus grande valeur des nitrites a été enregistrée lors de la 3<sup>ème</sup> campagne avec 0.094 mg/l, la 2<sup>ème</sup> campagne a enregistré une valeur de 0.084 mg/l, tant dis que la plus faible valeur a été de 0.072 mg/l enregistrée lors de la première campagne. Il est à noter que ces données restent toujours inférieurs à la norme.

Les nitrites sont considérés comme le premier composé résultant de l'oxydation de l'ammoniaque par une flore bactérienne spécifique du filtre biologique. Ce composé est hautement toxique et devrait être présent à des concentrations quasi indétectables.

Il est cependant bon de savoir que les nitrites sont beaucoup moins toxiques en milieu alcalin (Schaperclaus, 1962).

On ce qui est des valeurs de la conductivité, des sulfates (SO<sub>4</sub>), des chlorure (Cl<sup>-</sup>), du calcium (Ca<sup>2+</sup>), du magnésium (Mg<sup>2+</sup>), du phosphore et du fer (Fe), pour chacun de ces paramètres toutes les valeurs enregistrées lors des trois campagnes répondent aux normes indiquées.

### III. 1.2 Analyses microbiologiques

A l'issue d'une évaluation microbiologique de la qualité de l'eau d'Oued Djemaa suite aux trois campagnes de prélèvements sur le site d'échantillonnage, les résultats d'analyses obtenues sont dressés dans le tableau 1.

La charge microbienne varie d'une campagne à une autre, les valeurs les plus élevées sont enregistrées lors de la deuxième campagne, où il a été enregistré une présence microbienne des Coliformes totaux, des Coliformes fécaux et des Streptocoques.

**Tableau 2 :** Résultats des analyses microbiologiques des eaux d'Oued Djema.

Paramètres	1 <sup>ère</sup> campagne	2 <sup>ème</sup> campagne	3 <sup>ème</sup> campagne	Méthodes
Germes aérobies à 37°C	>3 x 10 <sup>4</sup>	>10 <sup>3</sup>	>10 <sup>3</sup>	Art 24/06/2012 J.O N°21-2013
Germes aérobies à 22°C	>10 <sup>5</sup>	>10 <sup>3</sup>	>10 <sup>3</sup>	Art 24/06/2012 J.O N°21-2013
Coliformes totaux	25	>1100	48	Art 31/12/2012 J.O N°31-2013
Coliformes fécaux	Abs	23	Abs	Art 31/12/2012 J.O N°31-2013
Clostridium à 44°C	8	12	11	Art 13/06/2012 J.O N° 36/2013
Streptocoques fécaux/50ml	Abs	Présence	Abs	ISO 7899
Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Abs	Art 21/05/2014 J.O N° 68-2014
Salmonella	Abs	Abs	Abs	J- RODIER
Vibrion	Abs	Abs	Abs	J- RODIER

Qualité de l'eau	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Coliformes fécaux /100ml	<20	20-2000	2000-20000	20000-50000	-
Coliformes totaux /100ml	50	50-5000	5000-50000	>50000	-
Streptocoques fécaux /100ml	20	10-1000	1000-10000	>10000	-

**Tableau 3 :** Normes requises par OMS pour les eaux superficielles.

---

- **Germes totaux**

Les variations situationnelles montrent que les charges bactériennes les plus élevées sont enregistrées lors de la 1<sup>ère</sup> campagne où sa valeur dépasse  $>3 \times 10^4$  Germes /ml.

Quand à la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> campagne on révélées des charges de  $>10^3$  Germes /ml. Cette pollution est directement liée avec les apports d'eaux de drainages contaminés.

- **Coliformes totaux et fécaux**

Ce sont les plus importants des paramètres microbiologiques pris en compte comme indice d'hygiène dans le contrôle de la qualité des eaux et leurs présences suffisent à confirmer qu'il y a effectivement une pollution.

C'est la 2<sup>ème</sup> campagne qui représente la charge la plus élevée par les bactéries coliformes et par *E.coli* dont les valeurs de 23 UFC/100ml pour les coliformes fécaux et de  $>1100$  UFC/100ml pour les coliformes totaux ont été enregistrées.

Les coliformes fécaux n'ont pas été enregistrés lors de la 1<sup>ère</sup> et la 3<sup>ème</sup> campagne, par contre un dénombrement de coliformes totaux est enregistré de 25 UFC/100ml lors de la 1<sup>ère</sup> campagne, contre 48 UFC/100 lors de la 3<sup>ème</sup> campagne.

- **Streptocoques fécaux**

D'après les résultats obtenus lors de la 1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> campagne, ont révélés l'absence totale des germes streptocoques fécaux indicateurs de contamination fécale, par contre une présence a été détectée lors de la 2<sup>ème</sup> campagne indiquant ainsi une contamination.

- **Clostridium sulfito-réducteurs**

Un dénombrement de Clostridium de 12 UFC/20ml est le taux le plus élevé enregistré lors de la 2<sup>ème</sup> campagne, contre 8 UFC/20 ml lors de 1<sup>ère</sup> campagne et 11 UFC/20ml lors de la 3<sup>ème</sup> campagne.

La présence de *Clostridium* sulfito-réducteurs dans les oueds est remarquable. D'une façon générale, ces bactéries sont considérées comme témoins de contamination de la qualité hygiénique. Certaines souches comme (*Clostridium botulinum*) ont la propriété de produire une neurotoxine dangereuse pour l'homme et les organismes aquatiques.

---

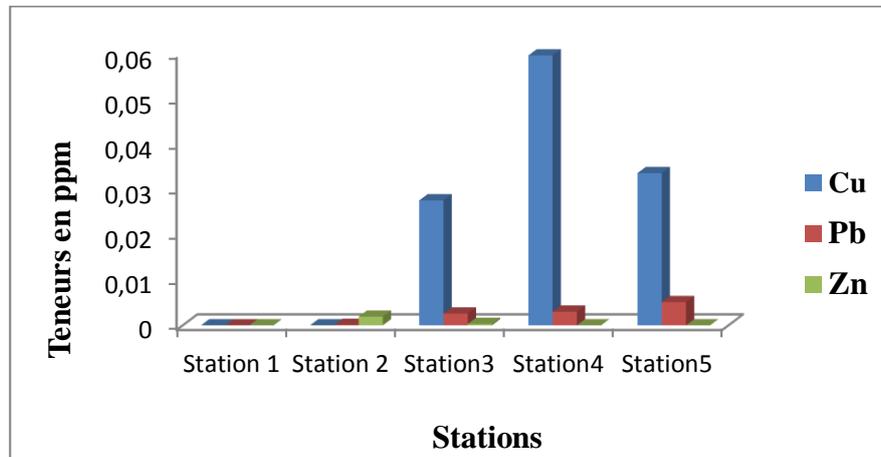
### Conclusion

Les eaux quelles que soient leur nature, contiennent une multitude de microorganismes des sources diverses tel que le sol, la végétation, le vent et les rejets issus de l'activité humaine (Gaujous, 1992)

Les analyses des germes totaux montrent que les eaux du site étudié sont chargées de bactéries avec différentes variations d'une campagne à une autre. Cependant, la présence des coliformes fécaux et surtout l'*E. Coli* est considéré comme le meilleur indice de contamination fécale. La qualité microbiologique du bassin versant de l'oued Djemaa est bonne selon les normes mais reste un site de contamination fécale qui doit faire appelle à d'autres études pour détecter les vrais sources et natures de cette contamination ; mais ne ce reste qu'un poulailler avec abattoir traditionnel a été repéré non loin du site d'échantillonnage avec un déversement directe vers la rivière du sang ainsi que du plumage comme le montre les photos (Figure 19) ce qui explique la présence de cette contamination.

### III.1. 3 Dosage des métaux lourds

Cette étude complémentaire a pour objectif de détecter les métaux lourds dans l'eau à l'échelle de traces le long du bassin versant de l'oued Djemaa. A cet effet, l'analyse des éléments traces métalliques (ETM) c'est faite au niveau de cinq (05) stations où il a eu dosage du Cuivre (Cu), Plomb (Pb) et le Zinc (Zn), les résultats obtenus sont représentés dans l'histogramme (Figure 20).



**Figure 19 : Histogramme des concentrations des éléments traces métalliques dans l'eau selon les stations**

Il est à noter, que les concentrations des métaux les plus élevés sont celles du cuivre avec une concentration maximale de 0.595 ppm détecté au niveau du site d'échantillonnage du poisson à la 4<sup>ème</sup> station, suivi par le plomb avec une concentration maximale de 0.0051 ppm au niveau de la 5<sup>ème</sup> station, puis le Zinc avec une concentration 0.0019 ppm au niveau de la 3<sup>ème</sup> station ; Les gradients de la concentration des métaux étudiés sont comme suit :

**Station 1 (Aval) : /**

**Station 2 : Zn>Pb**

**Station 3 : Cu>Pb>Zn**

**Station 4 : Cu>Pb**

**Station 5 (Amont) : Cu>Pb**

D'après l'histogramme, il en résulte la dominance du cuivre le long de la rivière, suivi du plomb puis les concentrations les plus minimales sont celles du zinc.

Station N°	Éléments traces métalliques (ppm)		
	Cu	Pb	Zn
1	0.0257	0.0006	0.0058
2	-	-	-
3	-	0.0001	0.0019
4	0.0275	0.0026	0.0003
5	0.0595	0.0030	-
6	0.0335	0.0051	-

**Tableau 4 :** Résultats de dosage des éléments traces métalliques.

### Cuivre (Cu)

Les teneurs en cuivre dans l'eau enregistrées augmentent de la Station 5 à la station 4 (site d'échantillonnage), révélées respectivement de 0.0335 ppm à la station 5 et la valeur maximale enregistrée est de 0.0595 ppm à la station 4, mais une baisse de concentration en cuivre a été révélée au niveau de la station 3 avec 0.0275 ppm, par contre aucune concentration n'a été révélée dans les stations 1 et 2. Ces concentrations restent au dessous de la norme qui est de 0.5 ppm selon OMS.

### Plomb (Pb)

Les teneurs en plomb enregistrées diminuent de l'amont vers l'aval, avec une concentration maximale en amont de 0.0051 ppm révélée à la station 5 et une concentration de 0.0030 enregistrée à la station 4. En outre, la concentration minimale de 0.0001 ppm a été enregistrée à la station 2 ; Cependant au niveau des stations 1 et 3 aucune trace de plomb n'a été enregistrée. Ces concentrations restent au dessous de la norme qui est de 0.01 ppm selon OMS.

### Zinc (Zn)

Les teneurs de zinc augmente de l'amont vers l'aval, les concentrations retrouvées sont faibles, elles ont été détectées au niveau de la station 3 avec une concentration minimale de 0.0003 ppm et d'une concentration maximale au niveau de la station 2 avec 0.0019 ppm. Il est a noté qu'aucune trace n'a été détectée au niveau des stations 1,4 et 5. Toutes ces valeurs restent au dessous de norme qui est de 0.5 ppm selon OMS.

---

## Discussion

D'une manière générale, les concentrations des eaux de surfaces en métaux est faible (**Gaujous, 1992**). L'investigation a été entreprise dans un milieu naturel rural, néanmoins une présence de trace métallique à des concentrations différentes au niveau de 5 stations à été détecté.

Il est a noté que la contamination de l'eau de l'Oued Djemaa est dû, d'après **Kherzi (2011)**, d'une part à la formation géochimique du bassin versant qui joue naturellement un rôle dans le déséquilibre de l'écosystème, et d'autre part, dû à l'influence accru de certaines activités humaines qui augmentent ces déséquilibres tel que l'urbanisation et l'agriculture.

En outre, les nombreuses détériorations révélées lors de cette étude au niveau du foie, gonades et les yeux peuvent probablement provenir du métal qui semblerait être stocké en un premier temps au niveau du foie pour ensuite être excrété par le rein pour qu'il soit accumulé dans les muscles. Par ailleurs, la contamination des poissons s'explique par leur mode d'alimentation car ces derniers sont toujours en contact avec la vase qui constitue le milieu riche en métal (processus de sédimentation) (**Labat.R, et. al 1977**). En plus de cela, l'absorption des métaux lourds s'effectue chez le poisson par la peau ou encore par les branchies.

Quand aux différentes fluctuations de concentrations détectées au niveau de l'oued Djemaa, que ça soit de l'amont en aval, il est rapporté en littérature par **Gaujous (1995)** : l'augmentation des concentrations des éléments traces métalliques de l'amont vers l'aval, s'explique par le phénomène d'accumulation (cas du zinc) ; Quand à la diminution de ces dernières est expliqué par le phénomène de perte et de l'accumulation dans le sédiment (cas plomb) ; En outre, en ce qui est des fluctuations le long de la rivière peuvent s'expliquer par le déversement accidentel ou volontaire dans le périmètre de la zone d'échantillonnage, ou bien par les apports des petits ruisseaux raccordés au talweg (cas du cuivre).

### III.2. Examens du poisson

Un ensemble de mensurations du corps des poissons ont été effectuées individuellement et cela à l'aide d'une règle graduée, ainsi que des pesés ont été également effectuées par une balance de précision ; Les poissons ont été sexés ce qui a révélé 5 poissons mâle contre 15 femelles et l'ensemble de ces mensurations morphométriques est saisi et rapporté dans le tableau 5.

N°	Code	Date	Longueurs (cm)			Poids (g)							S
			LT	LF	LS	PT	PG	PF	POD	DOG	PE		
1	01/01/04	08/04/2018	13,5	12,0	11,0	25,2	1,5	0,2	0,1	0,1	19,0	M	
2	02/01/04	08/04/2018	11,5	10,5	9,5	18,9	1,0	0,4	0,1	0,1	15,3	M	
3	03/01/04	08/04/2018	17,5	16,5	15,0	65,8	2,9	1,1	0,2	0,2	50,6	M	
4	04/01/04	08/04/2018	23,0	22,0	19,5	170,0	16,5	4,0	0,2	0,2	120,6	F	
5	01/02/04	12/04/2018	21,0	19,5	17,5	107,7	9,7	1,8	0,1	0,1	78,0	F	
6	02/02/04	12/04/2018	18,0	17,0	15,0	70,8	3,0	1,1	0,1	0,1	55,3	F	
7	01/02/04	12/04/2018	19,5	18,0	16,0	93,0	9,9	1,8	0,2	0,2	68,0	F	
8	01/03/04	24/04/2018	14,0	13,0	11,5	36,4	1,9	0,5	0,2	0,2	26,9	F	
9	02/03/04	24/04/2018	17,0	15,5	14,0	51,8	2,1	0,6	0,2	0,2	40,4	M	
10	03/03/04	24/04/2018	16,0	14,5	13,0	46,6	3,6	0,5	0,1	0,1	35,8	M	
11	04/03/04	24/04/2018	16,0	15,0	13,0	46,5	2,5	0,7	0,1	0,1	30,7	F	
12	05/03/04	24/04/2018	17,0	16,0	14,0	56,5	3,4	0,7	0,2	0,2	43,9	F	
13	06/03/04	24/04/2018	17,5	16,0	14,5	57,3	8,7	0,9	0,1	0,1	41,9	F	
14	07/03/04	24/04/2018	15,5	14,0	13,0	46,5	2,6	0,8	0,1	0,1	35,5	F	
15	08/03/04	24/04/2018	16,0	14,5	13,0	47,1	2,8	0,7	0,1	0,1	37,1	F	
16	09/03/04	24/04/2018	17,0	16,0	14,0	61,7	3,8	0,9	0,2	0,2	46,2	F	
17	10/03/04	24/04/2018	17,5	16,5	14,5	67,1	4,4	1,2	0,1	0,1	50,0	F	
18	11/03/04	24/04/2018	20,0	18,5	16,5	93,0	7,0	1,6	0,2	0,2	59,1	F	
19	12/03/04	24/04/2018	20,0	18,0	16,5	91,4	5,0	1,5	0,2	0,2	71,9	F	
20	13/03/04	24/04/2018	23,0	21,5	19,0	157,0	13,7	2,3	0,3	0,3	114,9	F	

**Tableau 5** : Tableau des mensurations des poissons examinés.

**LT** : Longueur totale ;                      **LF** : Longueur à la fourche ;                      **LS** : Longueur standard ;  
**PT** : Poids totale ;                              **PG** : Poids des gonades ;                      **PF** : Poids du foie ;  
**POD** : Poids œil droit ;                      **POG** : Poids œil Gauche ;                      **PE** : Poids éviscéré ;  
**S** : Sexe ;    **F** : Femelle ;    **M** : Male.

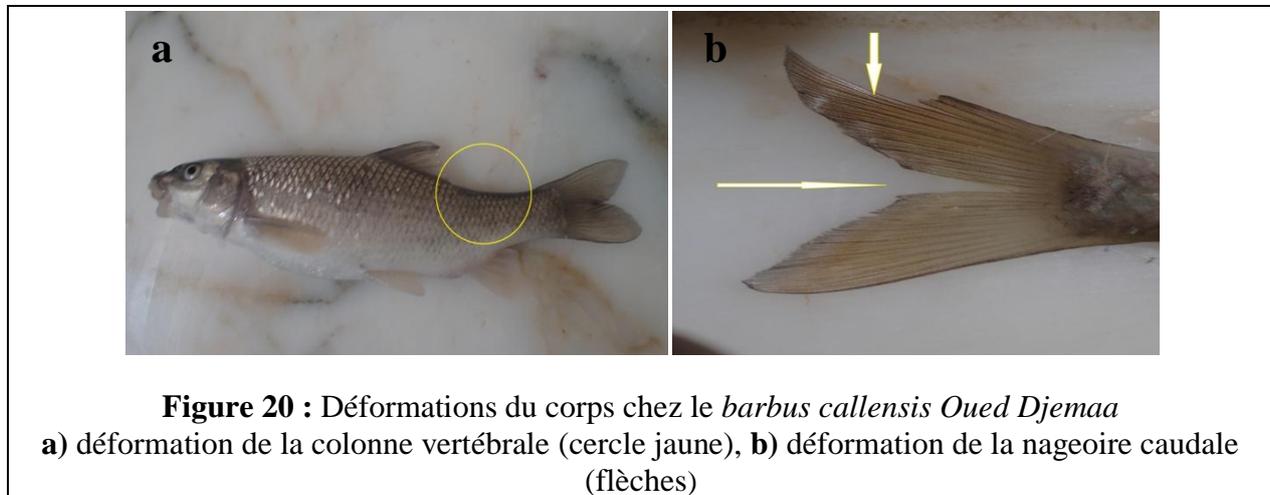
**Code 01/01/04** :

**01** : Individu N° 1 ; **01** : Première sortie ; **04** : Mois d'Avril

### III.2.1 Examens macroscopiques

- **Déformation du corps**

Il a été constaté lors de l'examen du corps de l'individu N° 19 (Longueur = 20 cm; Poids = 91,4 g) une déformation de la colonne vertébrale, et une déformation de la nageoire caudale chez l'individu N°13 (Longueur = 17,5 cm; Poids = 57,3 g).



Plusieurs facteurs internes et plus souvent externes, sont à l'origine de telles déformations. Selon **Boge et al (1991)**, la contamination du milieu, et particulièrement le sédiment, par des métaux lourds peut être à l'origine d'une déformation de la colonne vertébrale chez les poissons. **Girard et Elie (2007)**, ont lié l'apparition de cette anomalie aux carences nutritionnelles, notamment en vitamines (A, C et D). Tandis que **Bruslé et al., (2006)**, suppose un phénomène héréditaire. Les facteurs physiques tels que: une sursaturation gazeuse, hypoxie, température trop faible, salinité, radioactivité, chocs électriques, la présence de composés organochlorés (pesticides, herbicides), de parasites, de bactérie, de virus ou de traumatisme (capture, prédation) sont aussi à l'origine de l'apparition de ces déformations (**Mellinger, 1995**).

- **Erosion**

Une érosion de la nageoire caudale a été repérée sur l'individu N°3 (Longueur = 17,5 cm; Poids = 65,8 g) avec présence d'infection.

**Figure 21** : Erosion de la nageoire caudale chez *Barbus callensis* Oued Djemaa, avec présence d'infection périphérique (cercle jaune).

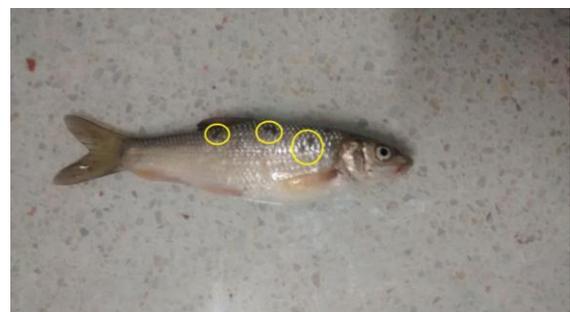


L'érosion des nageoires est fréquente chez les poissons qui vivent en eaux polluées. Les sulfites, les métaux, les hydrocarbures chlorés, les acides et les alcalis considérés comme étant substances toxiques, généralement présents dans les sédiments et les rejets municipaux ou industriels peuvent provoquer une dégradation du mucus à la surface des nageoires. Dépourvu de leur couche protectrice, ces organes sont par la suite envahis par des bactéries (*Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Vibrio*), des champignons et des parasites qui provoquent la destruction des tissus (Richard et al. 2016). Le cannibalisme aussi est aussi à l'origine de cette érosion (Girard et Elie, 2007)

- **Perte d'écailles**

Une perte d'écaille cicatrisée a été observée chez l'individu N° 2 (Longueur = 11,5 cm; Poids = 18,9 g).

**Figure 22** : Perte des écailles chez *Barbus callensis* (cercles jaunes).



Selon la FAO, cette anomalie sont causé un endoparasite le Myxozoaire (*Myxobolus* spp) qui est un protozoaire cnidosporidie ; Et selon Uhland et al. (2000) elle est d'origine bactérienne ou due à un traumatisme.

- **Hémorragie oculaire**

Il a été constaté que 50% des individus étudiés (soit 10 spécimens) présentent des hémorragies oculaires.



**Figure 23** : Hémorragie oculaire chez le *Barbus callensis* de l'oued Djemaa (flèches)

Les hémorragies oculaires chez le poisson sont des infectieuses d'origines bactériennes, virales et/ou parasitaires. Il est possible également qu'une compétition excessive entre les poissons mènent à une confrontation sévère induisant des hémorragies oculaires (**Girard et Elie, 2007**).

- **Hémorragie de l'anus**

60% des individus étudiés ont été atteints d'hémorragie anale ce qui fait exactement 12 individus femelles.



**Figure 24** : Hémorragie de l'anus chez *Barbus callensis*

D'après **Girard et Elie, (2007)**, cette hémorragie peut être liée aux bactéries et aux infections virales et parasitaires. Cependant une ingestion de corps solides (écrevisses) peut causer une hémorragie de ce type.

- **Exophtalmie**

Un début d'exophtalmie a été observée chez un individu de *Barbus callensis*.

L'exophtalmie peut être d'origine traumatique ou liée à des infectieuses et septicémies virales et bactériennes ainsi qu'au parasitisme oculaire, ou être liée à une sursaturation de l'eau en gaz **Girard et Elie, (2007)**.



**Figure 25 :** Début d'exophtalmie chez le *Barbus callensis*

- **Opacité**

L'étude de l'individu N° 2 (Longueur = 11,5 cm; Poids = 18,9 g), a révélée un début d'opacité.

Il a été noté des yeux opaques à cause de la perte de la transparence de la cornée, cette anomalie peut touchée un seul œil ou les deux.

L'opacité est dû à des irritations ou traumatismes, à des carences nutritionnelles (vitamine B2, vitamine C, fer), à des attaques parasitaires (migration de larves de trématode : *Diplostomum sp*) ainsi qu'à des infections bactériennes, virales ou mycosiques (**Richard et al., 2016 ; Girard et Elie 2007**).



**Figure 26 :** Début d'opacité chez le *Barbus callensis*. (Flèche).

- **Anomalies gonadiques**

Lors de l'analyse des gonades, il a été remarqué une malformation appelée « Constriction » observée sur le testicule de l'individu N° 10 (Longueur = 16 cm; Poids = 46,6 g ; Poids de la gonade = 3,60 g)

Cette même anomalie a fait l'objet d'un signalement chez la même espèce pêchée dans l'oued Soummam par **Djoudad-Kadji et al, (2014)** qui montre un testicule caractérisée par deux compartiments testiculaires mais sans séparation ; Cette anomalie est associées à des contaminations environnementales par les métaux lourds (**Has-Schön et al., 2008**).



**Figure 27** : Constriction observée chez le *Barbus callensis*.

---

### III.2.2 Examens microscopiques

- **Histologie des ovaires**

L'examen des coupes histologiques des ovaires de *Barbus callensis* a révélé, pour la totalité des spécimens, la coexistence de plusieurs stades de développement ovocytaire à différents niveaux de maturité au sein d'un même ovaire en pleine période de fraie. Ces observations nous ont permis aussi de constater l'existence d'intersexualité qui est reflétée par la présence de structures spermatiques difficiles à distinguer leurs stades de développement.

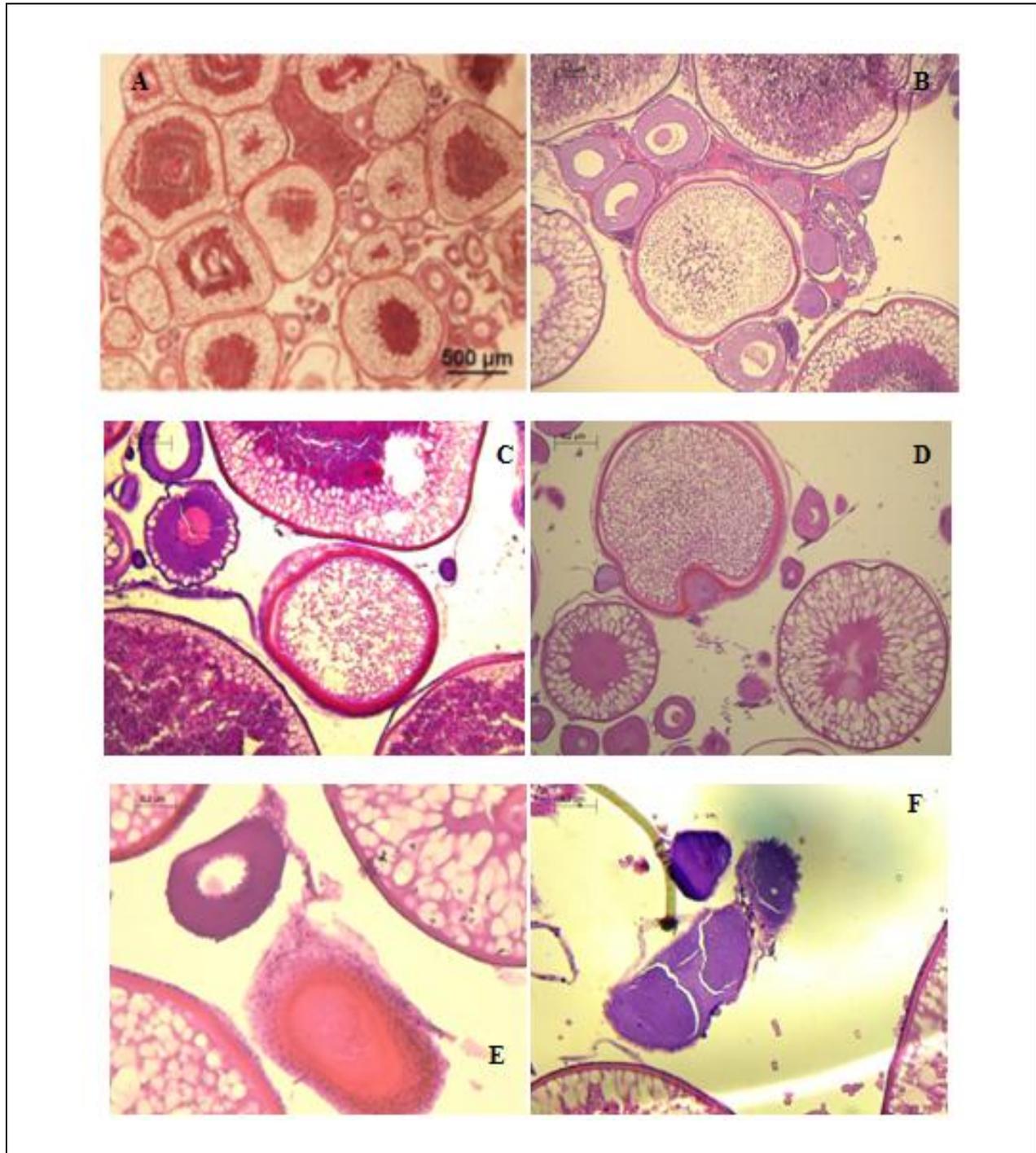
La coexistence de plusieurs follicules à différents stades de maturité sexuelle, témoigne d'une ovogenèse asynchrone (**Djoudad-Kadji et al., 2014**). Ce type d'ovogenèse a été signalé auparavant chez la même espèce pour les populations tunisiennes et marocaines, respectivement par Kraiem (1997) et Bouhbouh (2002).

En parallèle, diverses formes d'atrésies aux différents stades de développement ovocytaires chez le *Barbus callensis* ont été enregistrées ; Ces atrésies sont issues de la dégénérescence des ovocytes, elles sont omniprésentes dans l'ovaire caractérisées par une membrane plasmique plissée.

L'apparition de follicules atrétiques est un phénomène commun chez les poissons, elle peut être induite par plusieurs facteurs comme le stress, le jeûne, les biocides, la température, ou des taux d'hormones anormaux (**Weber et al., 2003**). L'atrésie est un processus de dégénérescence dans lequel intervient un grand nombre de facteurs (hormonaux notamment) par lequel l'ovocyte perd son intégrité et il est éliminé avant l'ovulation (**Janz, 2000**). Selon **Weber et al. (2003)**, l'atrésie des follicules ovariens pourraient être une cause déterminante pour une baisse du succès reproducteur.

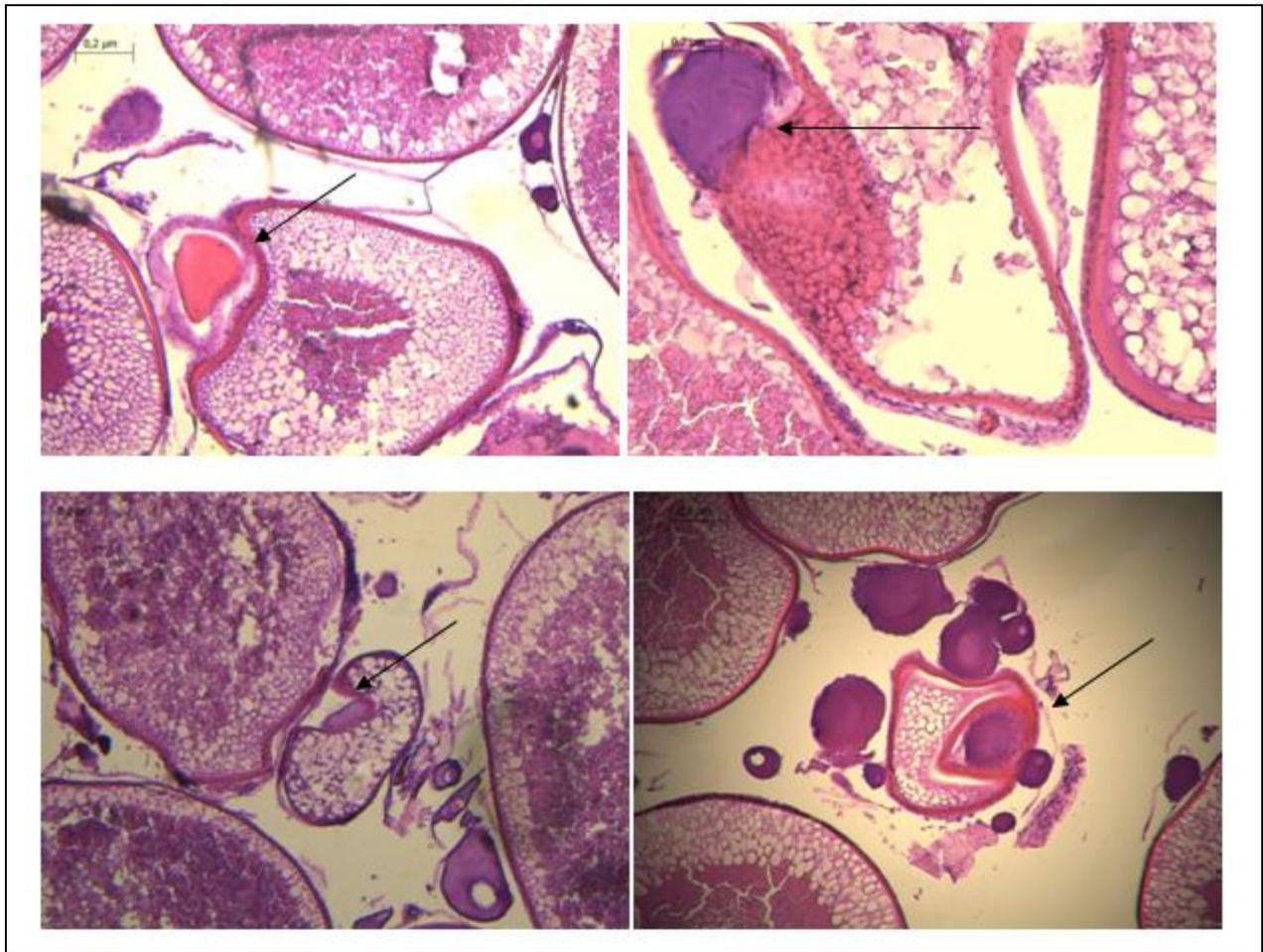
D'autres atteintes sur les ovaires ont été détectées telles que :

- ❖ Dégénérescence de la Zona Radiata ;
- ❖ Présence de nuages cellulaires inconnus ;
- ❖ Follicules prévitilogéniques anormaux.



**Figure 28 :** Coupes histologiques au niveau des ovaires du *Barbus callensis* : (A) Ovocytes à différents stades de développement folliculaire ; (B) Ovocyte manifestant l'intersexe ; (C) Atrésie ; (D) Dégénérescence de la Zona Radiata ; (E) Nuage cellulaire inconnu ; (F) Follicules prévitélogéniques anormaux.

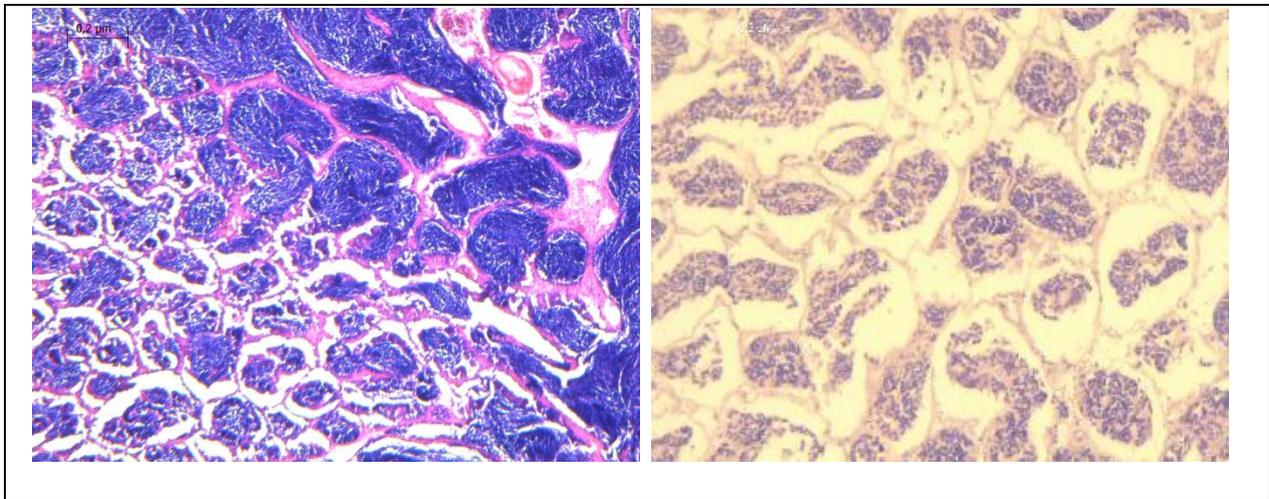
Des formes anormales ont été repérées dans les ovaires du *Barbus callensis* (Figure 30) que nous avons qualifié d'anomalies inconnues.



**Figure 29** : Anomalies inconnues rencontrées dans les ovaires du *Barbus callensis* (flèches)

- **Histologie des testicules**

Il est de même important de noter que lors de l'analyse des coupes histologiques des testicules, il n'a été observé aucune distribution anarchique des cellules spermatiques chez toutes les espèces du barbeau étudié. En effet, une structuration physiologique normale sous forme de tubes séminifères a été constatée.



**Figure 30** : Coupes histologique d'un testicule sain du *barbus callensis*.

- **Histologie hépatique**

L'étude des coupes histologiques réalisées sur le foie du *Barbus callensis* a révélée diverses atteintes tissulaires, énumérées ci-dessus :

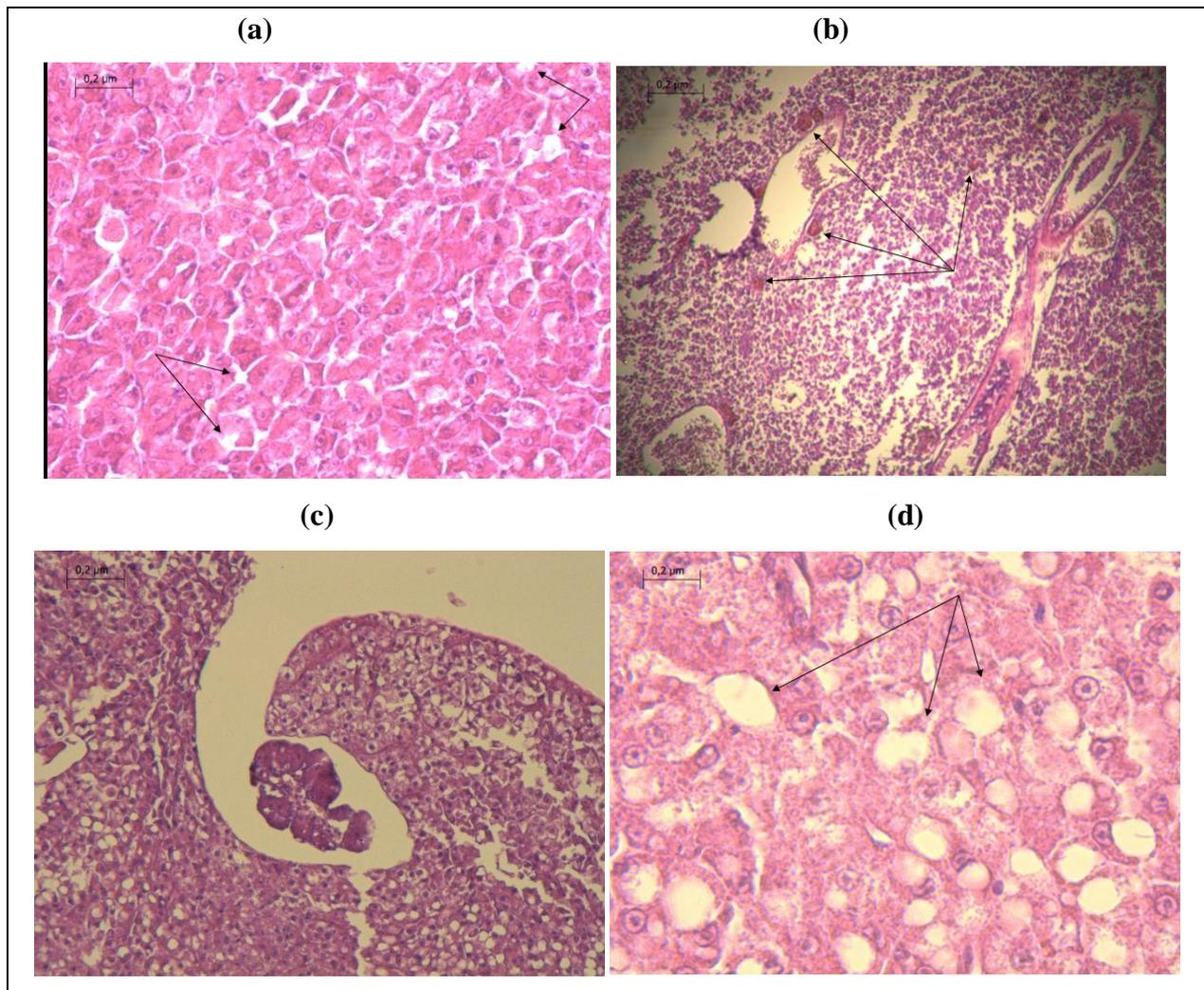
- ❖ Cholastase hépatique qui se manifeste par une pigmentation brune ;
- ❖ Vacuolisation sous forme de granules lipidiques ;
- ❖ Multiplication des voies biliaires qui a caractérisé le tissu hépatique ;
- ❖ Nécrose et désagrégation du tissu hépatique.

Ces diverses altérations du foie chez les poissons ont été également rapportées par différents chercheurs et qui se distinguent en fonction de la nature d'exposition et le type d'agent causal.

**AL-Zaidan et al. (2015)** ont relié l'apparition de la cholastase hépatique (montrée par la présence d'un pigment brun dans le cytoplasme des hépatocytes affectés) et les nécroses à l'exposition du poisson chat géant *Arius thalassinus* aux : métaux lourds ; organohalogéne et HAP.

L'étude de **Javed *et al.* (2016)** a identifié l'existence d'une vacuolisation avec des granules lipidiques après exposition du foie de *Channa punctatus* aux métaux lourds.

Il a été ainsi signalé que la présence d'une bactérie induit la dégénérescence des cellules et les noyaux chez le loup *Dicentrarchus labrax* et la daurade *Sparus aurata* (**Ben Kahla-Nakbi *et al.*, 2006**).



**Figure 31 :** Anomalies détectées au niveau du foie :

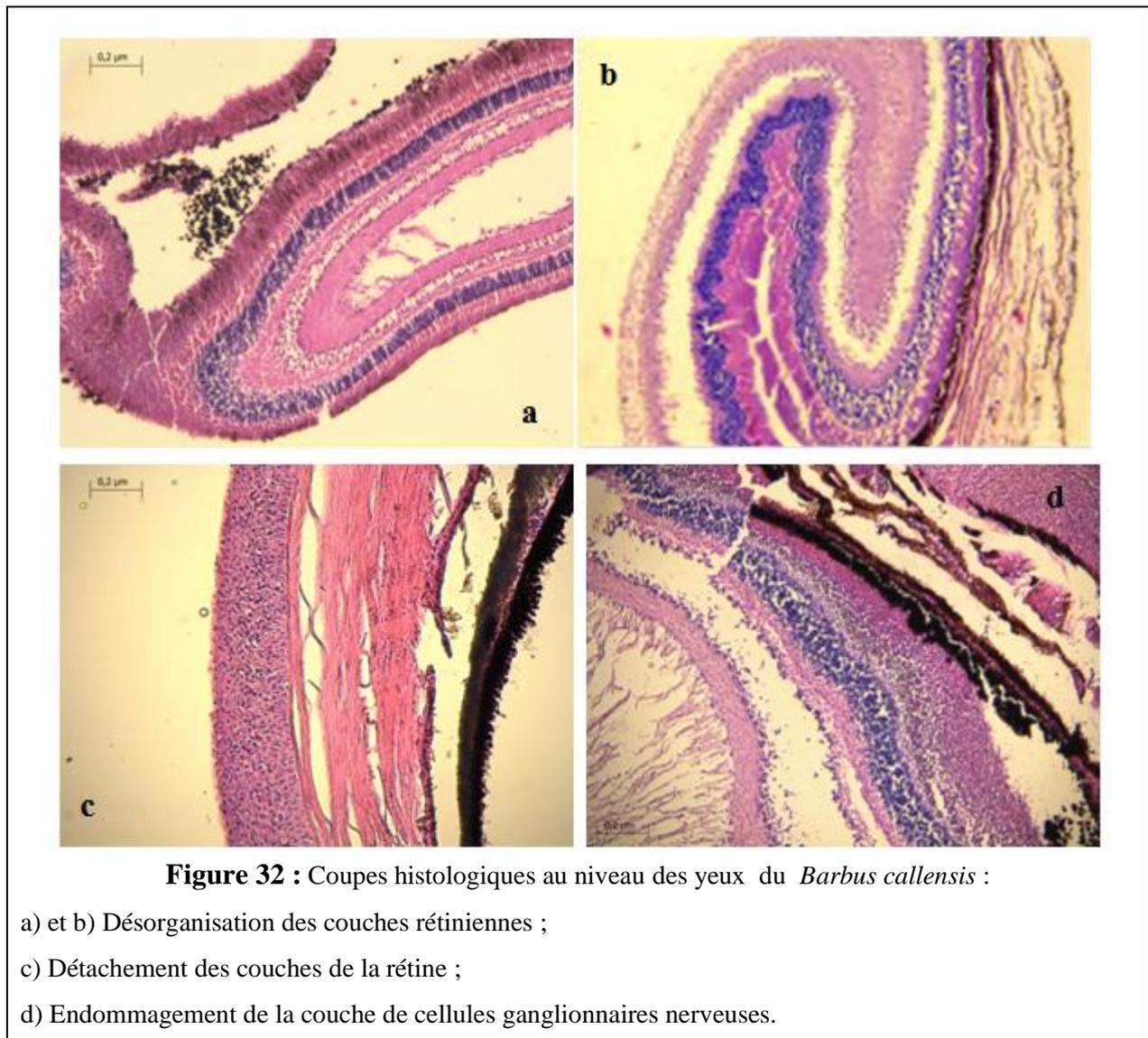
(a) Multiplication des voies biliaires (Flèches), (b) Cholestase (flèche),

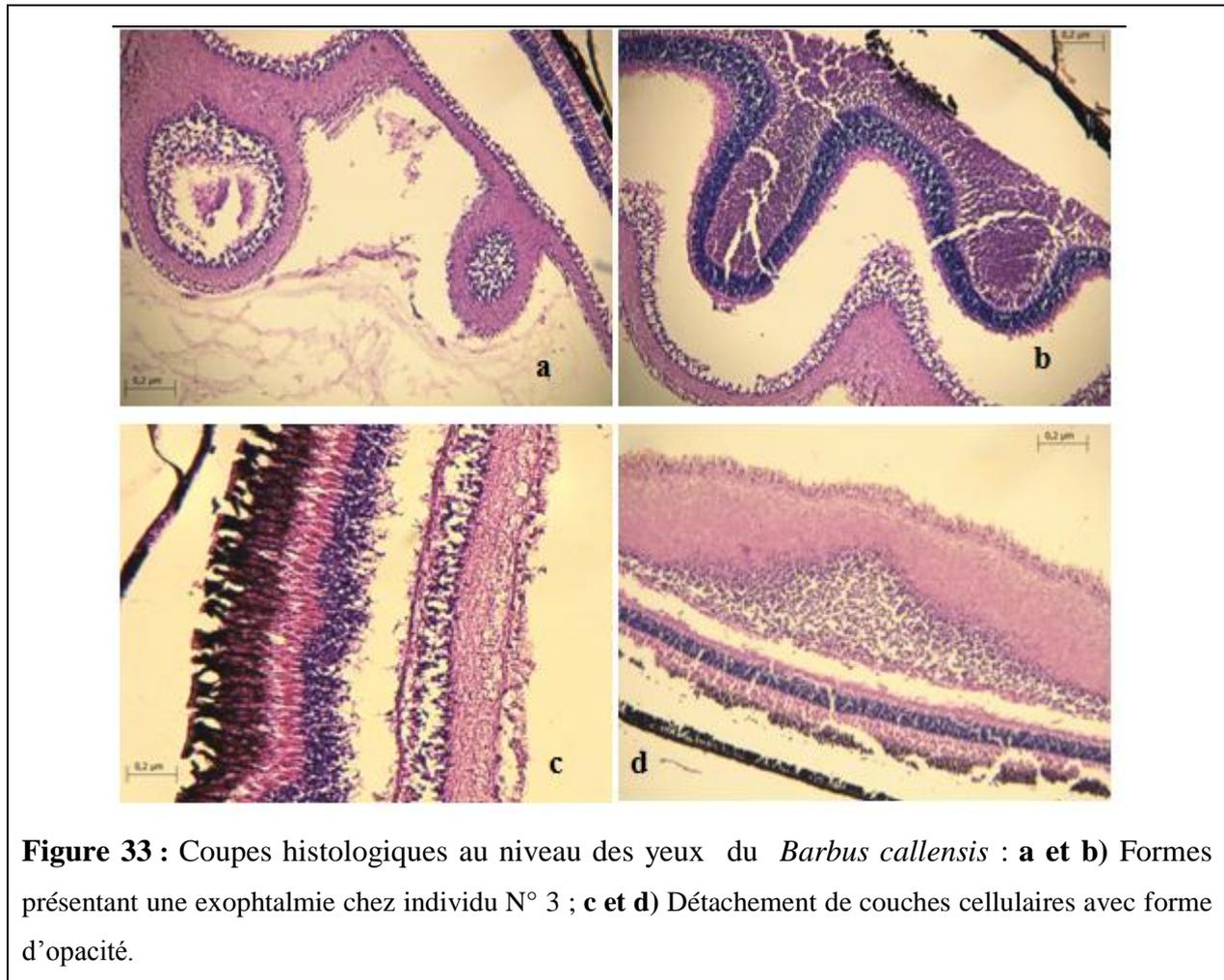
(c) Nécrose et désagrégation du tissu hépatique, (d) vacuolisation.

- **Histologie des yeux**

L'examen des coupes histologiques, réalisées sur les yeux du *Barbus callensis*, a révélé diverses atteintes tissulaires qui se sont reflétées par :

- ❖ Désorganisation des couches rétiniennes ;
- ❖ Détachement des couches rétiniennes avec endommagement de la couche de cellules ganglionnaires nerveuses ;
- ❖ Œil présentant une opacité oculaire ;
- ❖ Œil présentant une exophtalmie.





**Figure 33 :** Coupes histologiques au niveau des yeux du *Barbus callensis* : **a et b)** Formes présentant une exophthalmie chez individu N° 3 ; **c et d)** Détachement de couches cellulaires avec forme d'opacité.

Ces anomalies ont été décrites dans les travaux antérieurs portant sur quelques espèces de poissons, la cause principale avancée était relative à la contamination de milieu marin. A ce sujet, **Nagarjuna et Mohan, (2016)** ont argumenté par l'exposition à une toxicité aigue ou chronique par le Nickel (Ni) suite à une étude réalisée sur le Mulet *Mugilus cephalus*. Par ailleurs, des études ont signalé un ensemble d'anomalies microscopiques sur les yeux de Tilapia hybrid *Oreochromis niloticus* après sont infection par l'agent pathogène *Streptococcus agalactiae* (**Filho et al., 2009 ; Laith et al., 2017**).

# Conclusion



**« Même à contre-courant, on peut tous y arriver »**

**Maud Fontenoy.**

---

Cette étude avait comme objectif d'évaluer l'impact des conditions du milieu sur les performances biologiques de l'espèce de poisson d'eau douce *Barbus callensis* prélevée au niveau du bassin versant de l'Oued Djemaa dans la région de Boukhlifa, Wilaya de Bejaia.

La présente étude s'est basée sur l'utilisation de l'approche macroscopique et microscopique mais aussi de l'analyse physico-chimique et microbiologique des eaux et finalement le dosage de trois métaux lourds.

Combinant les différentes approches d'analyses entreprises lors de cette investigation les données de l'étude suggèrent que l'utilisation de l'approche macroscopique a mené à la mise en évidence d'altérations morphologiques diverses telles que les lésions, les déformations au niveau de la colonne vertébrale ainsi que les nageoires caudales sans oublier les hémorragies et finalement des perturbations du système oculaire.

Cette étude a aussi démontré lors de l'examen microscopique par analyse histopathologique des gonades, du foie et des yeux des désorganisations à l'échelle tissulaire et cellulaire de ces derniers dont la manifestation d'une intersexualité chez les femelles de *Barbus callensis* mais aussi les yeux des poissons qui n'ont pas été épargnés par des perturbations, on a noté à ce sujet une détérioration complète de toute la structure oculaire.

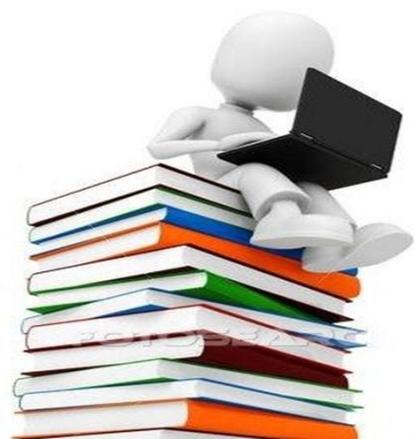
Par ailleurs, les analyses physico-chimiques de l'eau enregistrées au niveau de l'Oued Djemaa, correspondent aux normes Algériennes et celles admises par l'OMS (1994). Cependant, l'analyse de la DCO révèle une forte teneur, traduisant une présence de matière organique dans l'oued liée aux dépôts des eaux usées.

En outre, les analyses microbiologiques des eaux enregistrées sur le site d'étude, révèlent que la qualité microbiologique de ces eaux est satisfaisante mais une contamination fécale a été détectée et cela par la présence de coliformes, et *d'E. Coli* en plus de la présence de métaux lourds dans la rivière.

A la lumière des résultats obtenus, il est à retenir que les altérations enregistrées à l'échelle morphologique ou histologique peuvent être utilisées comme un marqueur biologique témoignant de la dégradation des conditions du milieu et de la qualité de l'écosystème aquatique prospecté, et que les résultats des analyses physico-chimiques ainsi que les analyses microbiologiques attestent que ces eaux influencent sur la santé du *Barbus callensis*.

Par ailleurs ce constat doit mener à une réflexion plus approfondie quant à la qualité et la santé du milieu, qui doit faire objet de plusieurs autres investigations telle qu'une approche histochimique, immuno-histochimique et enzymatique et ainsi, œuvrer pour une stratégie proactive de la conservation et de la gestion de la biodiversité au sein de l'Oued Djemaa à fin de la maintenir.

# Références bibliographiques



**Aarab N., (2004)** : les biomarqueurs chez les poissons et les bivalves : de l'exposition à l'effet et du laboratoire au terrain. Thèse de docteur l'université bordeaux n° d'ordre : 2818 : 276 p.

**Aberkane B., (2010)** : Etude de la reproduction du barbeau (*Barbus barbus callensis*) en fonction des paramètres liés à l'individu et à l'environnement. Mémoire Magist. Univ Bejaia : 64p.

**Al-Zaidan, A.S., Al-Sarawi, H.A., Massoud, M.S., Al-Enezi, M., Smith, A.J., Bignell, J.P., Green, M.J., Askem, C., Bolam, T.P.C., Barber, J.L., Bersuder, P. and Lyons, B.P., (2015).** Histopathology and contaminant concentrations in fish from Kuwait' s marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* (In press).

**Amiard, j. e., (1988).** Réflexions sur l'estimation des flux des éléments traces dans les organismes aquatiques. *J. Rech. Océanog* : p36.

**Arrignon J., (1998).** Aménagement piscicole des eaux douces. Edition : Tec et Doc-Lavoisier. Paris. p122 Aspects histopathologiques associés à l'infection du loup et de la daurade par *Vibrio alginolyticus* *Mar. Life – VOL.16* :pp : 31-36.

**Azeroual A., Crivelli A. J., Yahyaoui A. & Dakki M., (2000).** L'ichtyofaune des eaux continentales du Maroc. *Cybum*, 24 (3), Suppl. : 17-22.

**Barnhoorn I.E.J., Van Dyk J.C., Pieterse G.M., Bornman M.C., (2010).** Intersex in feral indigenous freshwater *Oreochromis mossambicus*, from various parts in the Luvuvhu River, Limpopo Province, South Africa. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 73 (7):1537-1542.

**Ben Ameer, W., Lapuente, J., El Megdiche, Y., Barhoumi, B., Trabelsi, S., Camps, L., Serret, J., Ramos-López, D., Gonzalez-Linares, J., Driss, M.R. and Borràs, M., (2012).** Oxidative stress, genotoxicity and histopathology biomarker responses in mullet (*Mugil cephalus*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) liver from Bizerte Lagoon (Tunisia). *Mar. Pollut. Bull.*, 64: 241-251.

**Ben Kahla-Nakbi A., Lachkar-Kacem H., Elmnasser N., Cheriaa J., Bakhrouf A ., (2006).**

**Benamar N., (2006).** Evaluation de la pollution marine par trois éléments traces métalliques (Plomb, Cadmium et Zinc) sur un poisson pélagique : l'allache (*Sardinella aurita*) (Valencienne, 1847) pêchée dans la baie d'Oran. Mémoire Magistère, université d'Oran, p 97.

---

**Bent J.M., Preben D., (2011).** Guide des poissons d'eau douce et pêche. *Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchatel, Paris.*

**Bernet D., Liedtke A., Bittner D., Eggen R.I.L., Kipfer S., Kung C., Largiader C.R., Suter M.J.F., Wahli T., Segner H., (2008).** Gonadal malformations in whitefish from Lake Thun: defining the case and evaluating the role of EDCs. *Chimia*, 62: 383-388.

**Boge, G., Roche, H. and Houvet, D. (1991).** Les indicateurs physiologiques de toxicité en milieu marin. *Océanis*, 17 (4): 351-365.

**Bourrachot S., (2009) :** Etude des effets biologiques de l'exposition à l'uranium chez le poisson zèbre (*D. rerio*). Impact sur les stades de vie. Thèse Docteur de l'Université de Provence. N° ISRN/IRSN-2009/119 : 217p.

**Bruslé J., Quignard JP., (2006).** Biologie des poissons d'eau douce européens. Edition : Tec & Doc. Paris. p.6

**Dajouz R., (2008).** La biodiversité : l'avenir de la planète et de l'homme. Edition : Ellipses. Paris. p 169.

**Devez A. (2004).** Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de Doctorat, ENGREF, Montpellier, France, 269p.

**Djoudad- Kadji H., (2014) :** caractérisation de la reproduction du poisson d'eau douce barbus barbus callensis au niveau de l'oued Soummam dans la région de Bejaia, thèse de docteur de l'université a/mira de Bejaia (Algérie).

**Djoudad-kadji H., Kadji B., Benslimane S., Exbrayat J.-M., Iguerouada M., Chevalier C., (2012).** Description histologique des différents stades de développement ovocytaire de barbus callensis (valenciennes, 1842) dans l'oued soummam (algérie). *rev. fr. histotechnol.*

**El Morhit M., (2009) :** Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Lokkos). Thèse Doc. Univ. Rabat : 232p.

**Faurie C., Ferra CH., Médori P., Dévaux J., Hemptinne J.-I., (2002) :** Ecologie approche scientifique et pratique. Partie 2 dynamique des écosystèmes : interactions, évolution des biocénoses, l'homme et écosystème Lavoisier, 5eme édition paris : pp : 131 -312.

---

**Filho, C.I., Müller, E.E., Pretto-Giordano, L.G. and Bracarense, F.R.L. (2009).** Histological findings of experimental *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapias (*Oreochromis niloticus*). *Braz. J. Vet. Pathol*, 2(1): 12-15.

**Gaujous D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition : Tec et Doc. Paris. p 16-17.

**Genin B., Chauvin CH., Menard F., (2003) :** Cours d'eau et indices biologiques. Pollution méthodes IBGN .chapitre 2 la qualité des eaux de rivière contexte et problèmes 2ème édition Educagri : pp : 21 41.

**Genten F., Terwinghe E., Danguy A. (2015).** Histologie illustrée du poisson. Editions : Quæ. Paris. p 11.

**Gerard M. (2000).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la sante. Rapport:365 p

**Gilli E., Mangan C. et Mudry J. (2008).** Hydrogéologie : Objets, méthodes, applications 2ème Ed. Ed, DUNOD, Paris : 354 p.

**Girard P., Elie P., (2007).** Manuel d'indentification des principales lésions anatomo-morphologiques et des principaux parasites externes des anguilles. Collection étude Cemagref bordeaux n° 110.

**Guasmi I., Djabri L., Hani A. et Lamouroux C., (2006).** Pollution des eaux de l'oued medjerda par les nutriments. *Larhyss Journal*, N° 05 p : 113-119.

**Guay I. et Roussel T., (2013).** Les critères de qualité de l'eau de source. Edition : Québec. p 12

**Has-Schön, E., Bogut, I., Kralik, G., Bogut, S., Horvatié, J. and Cacié, M. (2008).** Heavy metal concentration in fish tissues inhabiting waters of "Busko Blato" reservoir (bosnia and Herzegovina). *Environ. Monit. Assess*, 144 (1-3): 15-22.

**Janz, D.M. (2000).** Endocrine system. *The Handbook of experimental animals*, The laboratory fish/ed. Gary K. Ostrander, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, 189-217p.

**Javed M., Ahmad I., Usmani N., Ahmad M., (2016).** Studies on biomarkers of oxidative stress and associated genotoxicityand histopathology in *Channa punctatus* from heavy metal

**Kaushik S., (2004).** Les dioxines et les PCB : nutrition, aquaculture et génomique. Pp 102-103.

---

**Kherzi, S. (2011).** *Etude Hydrochimique des eaux de l'oued Djemaâ. Thèse magistère en hydraulique. Option : hydraulique générale.*

**Kraiem M. M., (1980).** Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. XXI. Contribution à l'étude du régime alimentaire de *Barbus barbus* (L.1758) (Poissons, Cyprinidae). *Bulletin Français de Pisciculture*, 278: 1-10.

**Kraiem M. M., (1994).** Systématique, Biogéographie et Bio-écologie de *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Poissons, Cyprinidae) de Tunisie. Thèse Doc. Es Sci. Biol., Univ Tunis, 227 p.

**Laith, A.A., Ambak, M.A., Hassan, M., Sheriff, S.M., Nadirah, M., Shuhaimi Draman, A., Wahab, W., Ibrahim, W.W., Aznan, A.S., Jabar, A. and Najiah, M. (2017).** Molecular identification and histopathological study of natural *Streptococcus agalactiae* infection in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916.

**Mc Kinney M.L. (2002).** Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci.*, 52, 883-890.

**Mellinger, J. (1995).** Malformations embryonnaires et larvaires dues à la pollution marine. Mise au point bibliographique. *Ichthyophysiol Acta*, 18 : 145-152.

**Mouni L., Merabet D., Arkoub H., Moussaceb K., (2009).** Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). *Sécheresse*, 20 360-366.

**Nagarjuna, A. and Mohan, D., (2016).** Biochemical and Histopathological Changes Induced by Nickel in the Striped Mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758). *Bull Environ Contam Toxicol*. DOI 10.1007/s00128-016-1961-x.

**Philipart JC., Brrebi P., (1996).** Experimental hybridization of *Barbus barbus* and *Barbus meridionalis* : physiological, morphological and genetics aspects. *Aquat living Res*, 3 : 325-332.

**Pichard A., (2003).** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, plomb et ses dérivés. INERIS.

polluted canal. *Chemosphere* 151: pp: 210-219.

**Ramade F., (1992).** Précis de l'écotoxicologie. Masson, Paris.

**Richard Y., Baillargeon JP. et Massé H., (2016).** Guide de classification des anomalies externes des poissons d'eau douce du Québec. Edition : Québec. P 148.

---

**Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau (eaux naturelles-eaux résiduaires-eau demer). 8eme édition. *DUNOD* : 1338p.

**Schaperclaus PW., (1962).** Les maladies des poissons «maladies non parasitaires» BULLETIN FRANÇAIS DE PISCICULTURE TRENTE-CINQUIEME ANNEES.No 206 : pp : 5-17.

**Scott GR., Sloman KA., (2004).** The effects of environmental pollutants on complex fish behaviour : Integrating behavioural and physiological indicators of toxicity. *Aquatic Toxicology*, 68(4): 369-392.

**Uhland C., Mikaelien I., Martineau D., (2000).** Maladies des poissons d'eau douce du Québec. Guide de diagnostic. Les presses de l'université de Montréal : 466p.

**Van der ven, L.T., Wester, P.W. and Vos, J.G. (2003).** Histopathology as a tool for the evaluation of endocrine disruption in zebrafish (*Danio rerio*). *Environ. Toxicol. Chem*, 22: 908-913.

**Van Dyk J. C., Pieterse G. M., Van Vuren J. H J., (2007).** Histological changes in the liver of *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae) after exposure to cadmium and zinc. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 66: pp: 432–440.

**Weber LP., Hill JR., Janz DM., (2003).** Developmental estrogenic exposure zebrafish (*Danio rerio*): II. Histological evaluation of gametogenesis and organ toxicity. *Aquat. Toxicol.* 63, 431–446.

## ANNEXE 1 : Paramètres physico-chimiques et biologiques de l'évaluation des eaux de surface.

Paramètres	Définitions
<b>BIOLOGIQUES</b>	
<b>Les coliformes fécaux (thermo-tolérants)</b>	Les coliformes fécaux présents sous-groupes des bactéries coliformes qui fermentent le lactose à $44,5 \pm 0,2$ c° sous 24 heures. <b>(Gaujous D., 1998).</b>
<b>Les Coliformes totaux (bactéries coliformes)</b>	Ce sont des organismes bacilles gram-négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de développer en présence ferment le lactose. La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre Escherichia, Citrobacter, Klebsiella et Enterobacter. <b>(Gaujous D., 1998).</b>
<b>Streptocoques fécaux</b>	Se sont des bactéries à gram positif, sporulées, anaérobie présent sur la forme cocoïde. Leur mode de regroupement est en paires et en chainettes, il ferme les sucres (glucose) <b>(Gaujous D., 1998).</b>
<b>Salmonella</b>	Les salmonelles appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Ces bactéries bacilles à Gram négatif, sont éliminés par les selles et peuvent contaminés les eaux. <b>(Gaujous D., 1998).</b>
<b>Vibrion choléra</b>	Le vibriion sont des bactéries saprophyte font partie de la famille des vibrioaceas, sporulé, gram négatifs, très mobiles, incurvé en virgule, oxydase positif et aérobies ou anaérobies selon les espèces. leur température optimale et de $20 - 30^{\circ}$ pour les saprophytes et de $37^{\circ}$ pour les pathogènes, il possède un métabolisme fermentatif de sucre sans production de gaz. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>PHYSIQUES</b>	
<b>pH</b>	Le pH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité. Il est lié à la nature des terrains traversés. Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif incrustant d'une eau. <b>(Pesson, 1980)</b>
<b>Conductivité</b>	Elle mesure la capacité d'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle varie selon la concentration ionique et la température d'eau, elle est importante lorsque la température augmente. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>CHIMIQUES</b>	
<b>Demande biochimique en oxygène (DBO)</b>	C'est un phénomène d'auto épuration des eaux. Il représente la quantité d'oxygène nécessaire au micro organismes pour qu'ils décomposent les déchets biologiques en dioxyde de carbone, en eau et en minéraux à un temps donné. <b>(Pesson, 1980)</b>
<b>Demande chimique en oxygène (DCO)</b>	Paramètres qui donnent une indication sur les quantités des substances chimiquement oxydable présente dans l'eau. Elle traduit la quantité nécessaire pour oxydé chimiquement la matière organique (biodégradable ou non). <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Chlorure (Cl<sup>-</sup>)</b>	Molécule inorganique, se trouve généralement dans la nature sous forme de potassium (KCL) et de sodium (Na Cl). il est utilisé comme indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)</b>	Le magnésium est un élément indispensable a la vie joue un rôle dans la respiration et la photosynthèse, il est d'origine naturelle (dissolution des roches) ou industrielle (industries de la potasse de cellulose), la forte concentration peuvent engendrer la corrosion. <b>(Gaujous D., 1998)</b>

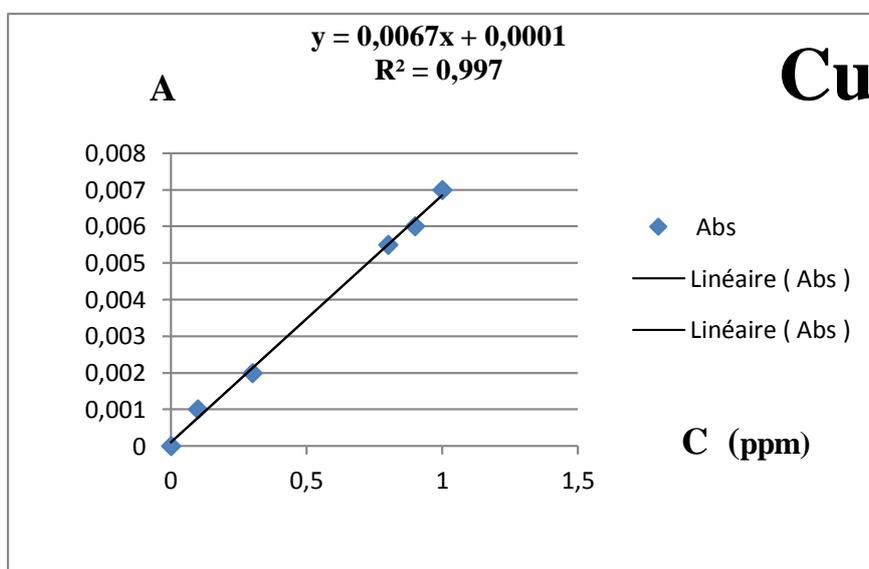
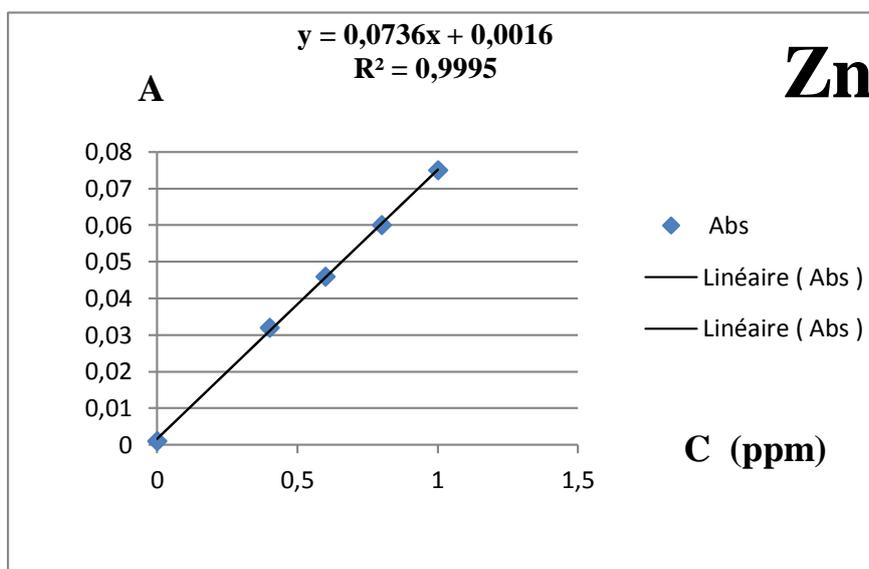
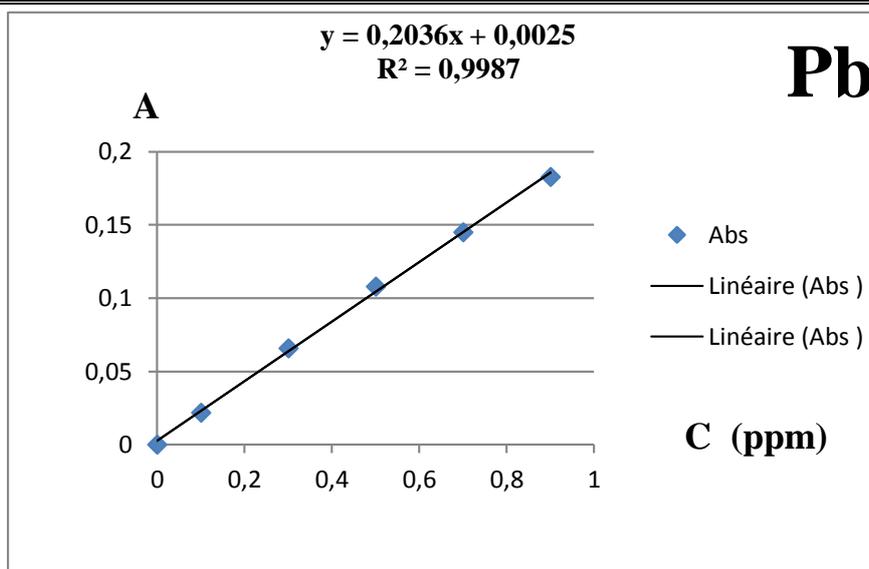
<b>Fer (Fe)</b>	Le fer se trouve dans l'eau se forme d'hydroxyde colloïdal, au dessous d'un certain potentiel d'oxydoréductions le fer est réduit a état ferreux et solubilisé. En présence d'hydrogène sulfuré, il se forme un précipité de sulfure de fer donnant leur couleur noire. <b>(Pesson P., 1980).</b>
<b>Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	Ils sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ils disparaissent vite en milieu naturel, ils sont à l'origine industrielle (chimie colorant). <b>(Gaujous, D., 1998)</b>
<b>Nitrate(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	Le nitrate est le produit final de l'oxydation par les dérivés azotés, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Issus des engrais azoté, d'effluents domestique. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Sulfates (SO<sup>-</sup>)</b>	L'Origine des sulfates peuvent être naturelles, proviennent de roches sédimentaire (gypse, la pyrite) et anthropiques issus de pétrole et l'utilisation d'engrais chimique. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Calcium (ca<sup>2+</sup>)</b>	Le calcium est généralement naturelles (dissolution des calcaires, gypses), la précipitation de calcaire dépend de la teneur en CO <sub>2</sub> et de pH. En eau douce, la productivité augmente avec la teneur en Ca, ils peuvent avoir à effet néfaste sur certains organismes. <b>(Gaujous, D., 1998)</b>
<b>La dureté ou TH</b>	La dureté ou le titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques et de l'ion hydrogène. Et dans la plupart des cas elle est due aux ions calcium et magnésium. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Phosphore (p)</b>	Est un composé généralement dans l'eau et le sol, il est lié au caractéristique des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique, provenant des lessives et des engrais. Il joue un rôle important dans la croissance des algues qui contribue à l'eutrophisation. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Métaux lourds</b>	
<b>Plomb(Pb)</b>	Il provient des rejets des usines (installations minières, usages des dérivés alkyles comme adjuvant et des carburants des moteurs automobiles), des ruissellements des eaux pluviales à la surface des terres agricoles. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Zinc(Zn)</b>	Il est à l'origine de corrosion des canalisations et des toitures, industries (métallurgies, savonneries). dosage par absorption atomique. Il provoque une toxicité aigue sur la plupart des organismes aquatiques a partir de quelque mg /l. <b>(Gaujous D., 1998)</b>
<b>Cuivre(Cu)</b>	C'est un métal qui possède une teneur naturel jusqu'50 ug/l dans eau douce, il est à l'origine des traitements agricoles, industrielles, corrosion des tuyaux, il provoque une altération des bronchites des poissons et aussi retarde la ponte des poissons. <b>(Gaujous D., 1998)</b>

**ANNEXE 2** : Méthodes d'analyses paramètres physico-chimiques d'évaluation des eaux de surface.

Paramètres Physico-chimiques	Appareillages de mesure	Méthodes d'analyses et mode opératoire
pH	pH mètre	Enfoncez la sonde dans l'eau à 20 °C, attendre quelques minutes et lire la valeur indiquée.
Conductivité (µS/cm)	Multi paramètres Conductimètre	-Plonger l'électrode dans le flacon contenant l'échantillon à 20 °C. et lire la valeur indiquée.
TH °F		- 50 ml d'eau à analyser dans un bêcher. -Ajouter 2 ml solution tampon à pH 10 -Ajouté une pincé de Noireté. -Verser au moyen d'une burette la solution de EDTA 0.02N jusqu'à apparition d'une teinte Bleu qui doit persister 1 à 3 min. Calcul : <b>TH(mmoI)=V(EDTA).N(EDTA).1000V</b> <b>TH(mmoI)=V(EDTA).N(EDTA).1000V(.10 °F)</b> <b>(NA 752)</b>
Calcium Ca <sup>2+</sup>	Par titrage	- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un bêcher. -Ajouter 2 ml NaOH à 2N er une pincé murexide. -Verser au moyen d'une burette la solution de EDTA 0.02N jusqu'à apparition d'une teinte violet qui doit persister 1 à 3 min. -Calculer la teneur du Calcium comme suit : <b>Ca<sup>2+</sup>(mgI)=V(EDTA).N(EDTA).M(Ca2+).1000V</b> <b>(NA 1655)</b>
Magnésium Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eprouvette,</li> <li>• Bêcher,</li> <li>• Erlenmeyer,</li> <li>• Agitateur,</li> <li>• Pipette graduée,</li> <li>• Barreau magnétique.</li> </ul>	Le Magnésium peut être estimé par la différence entre la dureté et le Calcium exprimé en CaCO <sub>3</sub> [TH]= [Mg <sup>2+</sup> ] + [Ca <sup>2+</sup> ] (RODIER et al., 2005)
Chlorures Cl <sup>-</sup> (mg/l)		- Mettre 50 ml d'eau à analyser dans bêcher. -Ajouter 3 gouttes de solution de Chromates de Potassium à 10%. -Verser au moyen d'une burette la solution de Nitrates d'Argent (AgNO3) 0.02N jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 min.: <b>Cl<sup>-</sup>(mgI)=V(AgNo3).N(AgNo3).1000V</b> <b>(NA 6362)</b>
Titre alcalimétrique complet TAC (meq/l)		-Mettre 50 ml d'eau à analyser dans un bêcher -Ajouter des gouttes de méthyle orange -On titre avec l'acide sulfurique 0.02 N <b>TAC=V(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).N(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).1000/V</b> <b>(NFT90-036)</b>
Bicarbonates HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		➤ <b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = TAC*61</b>

<p><b>Sulfites</b> <b>SO<sub>32-</sub></b></p>		<p>- 5 ml d'iode à 0.025N + 5 ml d'acide acétique pure dans un erlenmeyer +100ml d'eau analysé. -Verser au moyen d'une burette la solution de Thiosulfate de sodium à 0.025N jusqu'à apparition d'une teinte Jaune clair qui doit persister 1 à 3 min.* Puis noter le volume n1 -Ajouter 2 ml de la solution d'amidon à 1%. Si couleur est bleu on continue le titrage, si non on prend le 1<sup>er</sup> volume pour le calcul. Effectuer un Blanc et noter le volume n2.Calcul <b>Sulfite (mg/l)=(n1.n2).N.63.1000/V</b>  (RODIER et al., 2005),</p>
<p><b>Nitrates</b> No<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</p>	<p><b>Spectrophotométrie</b></p>	<p>-Introduire dans un bêcher 1 ml d'eau à examiner, diluer à 1/5 d'eau distillé ; puis ajouter 0.2 ml d'acide acétique. Puis mélanger et laisser reposer 5 min. -Evaporation à sec. -Ajouter 1 ml de Salicylate de Sodium. -Agiter pour dissoudre et évaporation à sec. -Laisser refroidir, puis ajouter 1 ml d'acide Sulfurique et laisser en contact 10 min jusqu'à dissolution du précipité formé. -Ajouter 10 ml d'eau distillée et 10 ml de la solution alcaline. -La lecture de l'absorbance à 415 nm <b>(NA 1655)</b></p>
<p><b>Nitrites</b> No<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/l)</p>		<p>- Dans un bêcher 50 ml de l'eau à examiner. -Ajouter, d'abord 2 ml de réactif de Zambelli, puis laisser mélanger et reposer pendant 10 min. -Ajouter ensuite, 2 ml de NH<sub>3</sub><sup>+</sup> pure. La lecture de l'absorbance 435 nm <b>(NA 1657)</b></p>
<p><b>Phosphore</b> s Po<sub>4</sub><sup>-2</sup> (mg/l)</p>		<p>- Dans un bêcher 20 ml de l'eau à examiné. -Ajouter 1 ml d'acide ascorbique à 2 % -Puis, ajouter 4 ml de réactif de phosphate, laisser mélanger et reposer 30 min. La lecture de l'absorbance à 700 nm <b>(ISO 6878/1)</b></p>
<p><b>Sulfate</b> SO<sub>4</sub></p>		<p>- Dans un erlenmeyer 10 ml d'eau à examiner, diluer à 1/dans 90 ml d'eau distillé puis ajouter 5 ml de la solution stabilisante. -Ajouter 0.4 g Chlorure de Barium Puis mélanger et laisser reposer 4 min. La lecture de l'absorbance se fait à une longueur d'onde 420 nm <b>(NFT 90-040)</b></p>

<b>Fer</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Dans un erlenmeyer 50 ml d'eau à examiner, puis ajouter 1 ml de l'acide sulfurique pur.</li><li>-Puis mélanger et laisser reposer 1 heure.</li><li>-Ajouter 1 ml de la solution hydroxylamine 2ml d'acétate d'ammonium, 2ml Phenanthroline</li><li>-A l'obscurité pendant 15 min.</li></ul> La lecture de l'absorbance se fait à une longueur d'onde 510 nm <b>(NA 2422)</b>
------------	--	---



---

### Annexes 3 : Méthodes d'analyses bactériologiques

- Les *Germes totaux* ;
- Les *Coliformes totaux et fécaux* ;
- Les *Streptocoques fécaux* ;
- Les *Clostridium sulfito-réducteurs*.

#### 1- Recherche et dénombrement des germes totaux

##### Milieu de culture

Gélose Glucose Tryptonée à l'extrait de Levure et Agar TGEA.

##### Mode opératoire

- On prend deux boîtes de pétri stériles et on note sur chaque boîte la date et la température d'incubation ;
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte ;
- On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène;
- On incube une boîte à 37 °C pendant 48 heures et l'autre à 22 °C pendant 72 heures.

##### Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml.

#### 2- Recherche et dénombrement des coliformes et d'*Escherichia coli*

##### Milieus de culture

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ;
- milieu de confirmation : bouillon de schubert ;
- réactif de kovacs pour la recherche d'indole.

---

**Mode opératoire****1<sup>ère</sup> étape: Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes :**

On ensemence

- 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures ;
- Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

**Expression des résultats des *Coliformes totaux* :**

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

**2<sup>ème</sup> étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.**

- On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- On incube à 44 °C pendant 24 heures ;
- On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois :
  - ✓ Un trouble avec un dégagement gazeux ;
  - ✓ Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par

*E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

**Expression des résultats des *Coliformes fécaux* :**

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Crady.

---

### 3- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

#### Milieu de culture

- Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ;
- Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ;
- Milieu de confirmation Eva Litsky.

#### Mode opératoire

##### 1<sup>ère</sup> étape : Test présomptif

On ensemence

- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser.
- On incube à 37 °C à 48 heures.

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

##### 2<sup>ème</sup> étape : Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium ;
- On incube à 37 °C pendant 24 heures ;

L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un *STREPTOCOQUE FÉCALE*, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

#### Expression des résultats

Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux d'*E. Coli* en nombre de germes par 100 ml d'échantillon. En se référant à la table Mac Grady.

### 4- Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

#### Milieu de culture

- Gélose viande foie (VF) ;
- Additifs de sulfite de sodium ;
- Additifs d'alun de fer.

---

## Mode opératoire

### ❖ Forme sporulée

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tubes) ;
- On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 mn ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
- On refroidit à 45 °C puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie;
- On mélange doucement, en évitant d'introduire les bulles d'air ;
- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 heures, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible,

Sinon on fera une deuxième lecture après 48 heures ;

- Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

### ❖ Forme végétative

La recherche des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs sous forme végétative se fait de la même manière que celle de la forme sporulée à l'exception de l'étape du chauffage.

## Expression des résultats

On compte toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre dans chaque tube et on rapporte le nombre total des colonies dans les 4 tubes.

On exprime les résultats en nombre de germes par 20 ml

## Résumé :

La présente étude dresse un état des lieux sur l'analyse de l'aspect anatomo-histopathologique de l'espèce de poisson d'eau douce *Barbus callensis*, prélevée au niveau du bassin versant de l'Oued Djemaa dans la région de Boukhlifa, Wilaya de Bejaia, dont l'objectif principal était d'évaluer l'impact des conditions du milieu sur la santé de l'espèce, par la mise en évidence d'altérations morphologiques par l'utilisation d'une approche macroscopique mais aussi, des désorganisations à l'échelle tissulaire et cellulaire par l'application d'une approche histologique. Les résultats de l'étude suggèrent que la qualité de l'eau est non satisfaisante avec présence d'éléments traces métalliques, ce qui peut influencer sur la biologie du poisson. En effet, les résultats générés ont montré la présence d'un ensemble d'anomalies allant des lésions et des déformations notamment au niveau de la colonne vertébrale et des nageoires caudales jusqu'aux hémorragies, qui plus est des perturbations du système oculaire. En outre, plusieurs détériorations notamment tissulaire et cellulaire ont été notées au niveau des trois organes analysés : foie, gonades et yeux. Ainsi, il est raisonnable d'affirmer que ces résultats constituent un indicateur biologique témoignant d'une dégradation probable de la qualité du cours d'eau prospectés. Par ailleurs ce constat doit mener à une réflexion plus approfondie quant à la qualité et la santé du milieu, qui doit faire objet de plusieurs autres investigations et ainsi, œuvrer pour une stratégie proactive de la conservation et de la gestion de la biodiversité au sein de l'Oued Djemaa à fin de la maintenir.

**Mots clés :** Eau douce, Oued Djemaa, *Barbus callensis*, Anatomo-histopathologie, Pollution.

## Abstract:

This study provides an overview of the analysis of anatomo-histopathology aspect of the freshwater *Barbus callensis* taken at the level of Oued Djemaa in the region of Boukhlifa, Wilaya of Bejaia. The main objective was to evaluate the impact of environment conditions on the species health, by the highlighting morphological changes by using a macroscopic approach. The results of the study suggest that the quality of the water is not satisfactory with presence of metallic trace elements; which can influence the fish biology. Indeed, the generated results showed the presence of a set of abnormalities ranging from lesions and deformities including the spinal column and caudal fins to hemorrhages, which are more disturbances of the ocular system. Besides, several deteriorations, notably tissue and cellular, were noted in three organs analyzed: livers, gonads and eyes. So, it is responsibly to assert that these results constitute a biological indicator testifying a probable degradation of the quality of the watercourse being prospected. Moreover, this observation must lead to a more in-depth reflection on the quality and health of the environment which has to be the subject of several others investigations and thus work at proactive biodiversity conservation and the management strategy in the Oued Djemaa in order to maintain it.

**Key words:** freshwater, Oued Djemaa, *Barbus callensis*, anatomo-histopathology, pollution.

## تلخيص

تقدم هذه الدراسة لمحة عامة عن تحليل لنوع أسماك المياه العذبة *Barbus callensis* التي تم جمعها من واد الجمعة في منطقة بوخليفة ، ولاية من بجاية ، التي كان هدفها الرئيسي هو تقييم تأثير الظروف البيئية على صحة الأنواع ، من خلال تسليط الضوء على التغيرات المورفولوجية من خلال استخدام النهج العياني ، ولكن أيضا على مستوى الأنسجة والخلايا عن طريق تطبيق النهج النسيجي. تشير نتائج الدراسة إلى أن جودة المياه غير مرضية مع وجود عناصر معدنية يمكن أن تؤثر على بيولوجيا الأسماك. في الواقع ، أظهرت النتائج التي تم التوصل إليها وجود مجموعة من الحالات الشاذة تتراوح بين الآفات والتشوهات على وجه الخصوص عند مستوى العمود الفقري والزعانف الذيلية إلى النزيف ، وهو أكثر اضطرابات في الجهاز العيني. بالإضافة إلى ذلك ، لوحظت العديد من التدهورات بما في ذلك الأنسجة والخلايا في الأعضاء الثلاثة التي تم تحليلها: الكبد ، والغدد التناسلية ، والعيون. وبالتالي ، فمن المعقول أن نقول أن هذه النتائج هي مؤشر بيولوجي للتدهور المحتمل لجودة التندفق التي يجري النظر فيها. وعلاوة على ذلك ، ينبغي أن تؤدي هذه الملاحظة إلى مزيد من التفكير المتعمق في نوعية البيئة وصحتها ، والتي ينبغي أن تكون موضوعا لعدة تحقيقات أخرى ، وبالتالي ، العمل نحو وضع استراتيجية استباقية للحفاظ على التنوع البيولوجي وإدارته وادي الجمعة للحفاظ عليها.

**الكلمات المفتاحية:** المياه العذبة ، وادي الجمعة ، *Barbus callensis* ، المورفو- نسيجي ، تلوث.