REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Master en Ecologie et Environnement

Option: Ecologie

Thème :

IMPACT DES ACTIONS ANTHROPIQUES SUR LE STATU BIOECOLOGIQUE DES POISSONS *(Barbus callensis)* DES OUEDS.

Présenté par :

-BENZINEB Djamila

Soutenu publiquement le:09 Juillet 2019

Devant le jury composé de:

-Mr BELHADJ H	M.P.B	Univ. Médéa	président
-Melle TCHAKER F.Z.	M.P.B	Univ. Médéa	promotrice
-Mme ESSERHANE W	M.A.B	Univ. Blida	Co-Promotrice
-Mme ATTAL M	M.A.B	Univ. Médéa	Examinatrice
-Mr MAATALLAH R	M.A.B	Univ. Médéa	Examinateur

2018/2019

RÉSUMÉ

Impact des actions anthropiques sur le statu bio-écologique des poissons des oueds

Le présent travail porte sur l'étude des caractères physico-chimique de l'eau et bio-écologique de poissons *Barbus callensis* pour le but d'évaluer le degré de la pollution.

L'objectif principal de cette étude, est de comparer les paramètres bioécologiques de Barbeau via l'analyse de la croissance et de la reproduction dans les trois sites d'études Oued El-Merdja, Oued Chiffa et Oued El-Djir et d'estimer le degré de pollution a travers l'utilisation des biomarqueurs énergétiques.

Les résultats obtenus, montrent que la plupart des paramètres physico-chimiques des eaux analysées conformes aux normes algériennes et respectent les valeurs limites de la qualité d'une eau potable et par conséquent la qualité des eaux échantillonnées est proportionnellement bonne. Les mêmes résultats montrent que, dans la majorité des paramètres chimiques étudies les teneurs les plus élevées sont observées à Oued El-Merdja.

Dans cette étude, la relation Taille-Poids pour la pollution étudiée *Barbus callensis* montre que la croissance varier entre allométrie minorante à O. Chiffa à et O. El-Djir et majorante à Oued El-Merdja. Les résultats de l'étude de la reproduction de *Barbus callensis* des trois sites d'étude montre que le sex-ratio est en faveur des mâles. Les résultats illustrent, que le nombre des mâles et des femelles le plus élèves est observé à Oued El-Merdja par comparaison aux autre oueds.

Concernant le cycle de ponte, les résultats font apparaitre que les rapports gonado-somatique chez les deux sexes sont plus importants généralement en printemps. La fécondité absolue des individus capturés a varié de 410 à O. Chiffa à 1520 à O. El-Merdja. Cependant, la fécondité relative la plus forte est observée à O. El-Djir alors que la plus basse est signalée à O. El-Merdja.

Concernant les biomarqueurs énergétiques lipido-glucidique la variation spatiale reste non significative en fonction de différents sites d'études mais il est intéressant de signalé que, les quantités lipidiques et glucidiques la plus élevée sont observée à O. El-Merdja.

Mots clés :

Barbus callensis, biomarqueurs énergétiques, paramètres bio-écologique, paramètres physicochimiques, Oued El-Merdja, Oued El-Djir, Oued Chiffa.

ABSTRACT

Impact of anthropogenic actions on the bio-ecological status of wadis fish

The present work deals with the study of the physico-chemical characteristics of water and bio-ecological fish Barbus callensis for the purpose of assessing the degree of pollution.

The main objective of this study is to compare Barbeau's bioecological parameters via growth and reproduction analysis in the three sites of study Oued El-Merdja, Oued Chiffa and Oued El-Djir, to estimate the degree of pollution through the use of energy biomarkers.

The obtained resultants show that most of the physicochemical parameters of the analyzed waters comply with the Algerian standards and respect the limited values of the quality of a drinking water and consequently the quality of the sampled waters is proportionally good. The same results show that the majority of chemical parameters study the highest levels are observed at Oued El-Merdja.

In this study, the relationship size-weight devoted to study the pollution Barbus callensis shows that the growth varies between minor allometry at O. Chiffa at and O. El-Djir and at Oued El-Merdja. The results of reproduction Barbus callensis study from the three sites show that the sex ratio is in favor of the males. They show that the highest number of males and females is observed at Oued El-Merdja comparing to other wadis.

Concerning the spawning cycle, the results reveal the gonado-somatic relations in both sexes are more important generally in spring. The absolute fecundity of captured individuals varies from 410 to 0. Chiffa to 1520 to O.El-Merdja. However, the highest relative fertility is observed at O. El-Djir whereas the lowest one is reported at O. El-Merdja.

Regarding the lipid-carbohydrate energy biomarkers, the spatial variation remains insignificant according to the different sites of study, but it is interesting to report that the highest lipid and carbohydrate quantities are observed at O. El-Merdja.

Keywords:

Barbus callensis, energy biomarkers, bio-ecological parameters, physicochemical parameters, Oued El-Merdja, Oued El-Djir, Oued Chiffa.

ملخص

تأثير الإجراءات البشرية على الوضع البيولوجي البيئي لأسماك الوديان

يتناول العمل الحالي دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء و الوضع البيولوجي البيئ للسمك *Barbus callensis* لغرض تقييم درجة التلوث.

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مقارنة العوامل الحيوية الإيكولوجية لباربو من خلال تحليل النمو والتكاثر في مواقع الدراسة الثلاثة: وادي المرجة ، وادي الشفة ، وادي الجير ولتقدير درجة التلوث من خلال استخدام المؤشرات الحيوية للطاقة

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن معظم ، ا لضوابط الفيزيائية والكيميائية للمياه التي تم تحليلها تمتثل للمعايير الجزائرية وتحترم القيم الحدية لجودة مياه الشرب ، وبالتالي فإن نوعية المياه التي يتم أخذ عينات منها جيدة نسبياً. تظهر نفس النتائج أنه في غالبية الضوابط الكيميائية التي تمت دراستها ، لوحظت أعلى المستويات في وادي المرجة.

في هذه الدراسة ، تُظهر العلاقة بين الحجم والوزن الخاصة بالتلوث المدروس *Barbus callensis* أن نسبة النمو تتراوح بين نمو نسبي بسيط في واد شفة و واد الجير و نسبة نمو عالية في واد المرجة . أظهرت نتائج دراسة تكاثر *Barbus callensis* من مواقع الدراسة الثلاثة أن نسبة الجنس لصالح الذكور. و ان عدد الذكور والإناث الذين لوحظ معظمهم في وادي المرجة مقارنة بالوديان الأخرى.

فيما يتعلق بفترة التكاثر ، أظهرت النتائج أن العلاقة بين الجنسين أكثر أهمية بشكل عام في الربيع. و ان قيمة الخصوبة المطلقة نتراوح من 410 واد شفة إلى 1520 في واد المرجة ومع ذ الك ، فقد لوحظت أعلى نسبة للخصوبة النسبية في واد الجير بينما سجلت أدنى المعدلات في واد المرجة

فيما يتعلق المؤشرات الحيوية للطاقة الخاصة با لدهون و الكربوهيدرات ، يظل التباين ضئيلًا وفقًا لمواقع الدراسة المختلفة ، لكن من المثير للاهتمام ملاحظة أن أعل كميات من الدهون و الكربوهيدرات يتم ملاحظتها في واد المرجة

الكلمات المفتاحية

Barbus callensis ، المؤشرات الحيوية للطاقة ، ا لضوابط الحيوية البيئية ، ا لضوابط الفيزيائية الكيميائية ، وادي المرجة ، وادي الجير ، وادي الشفة.

Remercîements

***A**vant tout, je tiens à remercier **Dieu** Tout Puissant, de m'avoir permis de mener à bien ce mémoire de fin d'étude, et de m'avoir donné la force et le courage pour l'accomplissement de mes études et de mes travaux sur terrain.*

***J**e tiens à remercier **Mme TCHAKER F.Z** pour leur soutien et aide durant tout au long de ce travail. Pour leur patience, rigueur et disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

***J**e remercier egalement Madame **ESSERHANE W** pour leur aide*

***J'**adresse mes vifs remerciements aux membres du jury, **Mr BELHADJ.H, Mme ATTAL. M , Mr MAATALLAH. R** qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce travail.*

J**'aimerais adresser un remerciement particulier à le doyen de la faculté des sciences Monsieur **OMOUNA M** pour sa compréhension et sa gentillesse ainsi que tous nos enseignants sans exception qui nous ont guidé durant tout le cursus, et en particulier **Mr BELHADJ.H, Mr LICIR.M, Mr GHANNEM.K, Mme KHOUDIR.S

***J**e voudrais remercier Madame **Djezzar** chef de laboratoire de l'Algérienne des eaux Médéa et son équipe pour précieuse aident*

***Je** remercie **Mr Farroudj.R** et tous les membres de l'équipe du Parc Nationalde Chréa (secteur d'El Hamdania).*

***S**ans oublier de remercier, tous ceux qui m'ont aidé de prés ou de loin pour le bon déroulement de notre travail.*

Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chers ***parents*** *qui ont éclairé ma route par leurs prières ;*

Leurs amours et leurs soutiens

A ma promotrice « Madame. ***TCHAKER F.Z*** *».*

A mes frère ***Fares***,***Mohamed*** *et sa femme* ***Hadjer***

A ma sœur ***Wafia*** *sans oublier mes deux anges :* ***Amir*** *et* ***Anis***

A tout le membre de la famille ***BENZINEB*** *et* ***SOUMATI*** grand et petit

A mes amies : ***Hamida, Maroua ,Imane ,Meriem, Bouchra .***

A toutes les personnes qui me connaissent de prés ou de loin, seulement pour leurs existences

Djamila

TABLE DES MATIERES

ملخص
Résume
Abstract
Remerciements
Dédicaces
Table des Matières
Liste des Figures
Liste des Tableaux
Liste des Abréviations
Introduction……..... 1
Chapitre I: Synthèse bibliographique…….……..... 3
I.1. Généralités sur *Barbus callensis (*Valenciennes, 1842)……... 3
1.1.1. Répartition des barbeaux dans le monde…… 3
I.1.2. Classification…….. 3
I.1.3. Bio-écologie des barbeaux …… 4
I.1.3.1. Description du genre *Barbus*……... 4
I.1.3.2. Habitat……. 5
I.1.3.3. Le régime alimentaire……. 5
I.1.3.4. la Reproduction……... 6
I.2. Généralité sur la pollution de l'eau……..... 6
I.2.1. Définition de la pollution……... 7
I.2.2. les Types de pollution …….. 7
I.2.2.1. Pollution chimique ……. 7
I.2.2.2. Pollution physique …… 8
I.2.2.3. Pollution microbiologique …….. 8
I.2.3. L'Origine de la Pollution…… 8
I.2.3.1. Pollution d'origine domestique et urbaine…….. 8
I.2.3.2. Pollution d'origine industrielle……... 8
I.2.3.3. Pollution d'origine agricole……. 9
I.3. Biomarqueurs en éco-toxicologie……. 9
I.3.1. Ecotoxicologie …….. 10
I.3.2. Surveillance de la qualité de l'environnement …….. 11
I.3.3. Biomarqueurs……..... 13
I.3.3.1. Définition…… 13
I.3.3.2. Type des biomarqueurs……... 13
I.3.3.2.1. Biomarqueur d'exposition……..... 14
I.3.3.2.2. Biomarqueur d'effet……. 14
I.3.3.2.3. Biomarqueur de successibilité……. 14
I.3.4. Réserves énergétiques ……..... 15
Chapitre II: Matériel et méthodes……... 16

II.1. Objectif……. 16
II.2. Présentation de la région d'étude: Parc National de Chréa ……. 16
II.2.1. Situation géographique…….. 16
II.2.2. Cadre physique……... 17
II.2.2. 1. Aspects géologique et pédologique……. 17
II.2.2. 2. Hydrographie……... 18
II.2.3. Richesse biologique……... 18
II.2.3. 1. Flore…… 18
II.2.3. 2. Faune……... 20
II.2.4. Caractéristiques climatiques…….. 20
II.3. Présentation de la zone d'étude: El Hamdania……. 21
II.3.1. Localisation…… 21
II.3.2. Synthèse climatique……... 21
II.3.2.1. Collecte des données climatiques……..... 21
II.3.2.2. Diagrammes Ombrothermiques…….. 21
II.3.2.3. Quotient pluviothermique d'EMBERGER..... 23
II.3.3. Choix des sites d'étude……..... 24
II.3.3.1. Oued Chiffa……. 24
II.3.3.2. Oued El-Djir……..... 25
II.3.3.3. Oued El-Merdja……... 25
II.4. Chronologie des sorties sur terrain……... 26
II.5. Prélèvement des échantillons d'eau……. 27
II.5.1. Technique de prélèvement……..... 27
II.5.2. Méthodes de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau……. 27
II.5.2.1. Caractéristiques physiques……..... 27
II.5.2.1.1. Température……... 27
II.5.2.1.2. Potentiel Hydrogène (pH) ……. 27
II.5.2.1.3. Conductivité……... 28
II.5.2.1.4. Salinité et Taux des Solides dissous (TDS)... 28
II.5.2.1.5. Turbidité……. 28
II.5.2.2. Caractéristiques chimiques…….. 29
II.5.2.2.1. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)..... 29
II.5.2.2.2. Dosage des nitrates (No_3^-)…….. 29
II.5.2.2.3. Dosage des nitrites (No_2^-)…….. 30
II.5.2.2.4. Dosage du phosphore (Po_3)……..... 30
II.5.2.2.5. Dosage du Calcium (Ca^{+2})……..... 30
II.5.2.2.6. Dosage du magnésium (Mg^{+2})…..... 30
II.5.2.2.7. Dosage des ions chlorure (Cl^-)……... 31
II.5.2.2.8. Dosage du sodium (Na^+ et le potassium (K^+). 31
II.5.2.2.9. Dosage du Manganèse (Mn^{2+})……... 31
II.5.2.2.10. Dosage de Bicarbonates (HCO3-)……. 31
II.5.2.2.11. Dosage du Fer (Fe^{3+})…….. 31
II.5.2.2.12. Dosage des sulfates (SO_4)…….. 32

II.6. Méthodes et techniques d'étude des Poissons……..... 32
II.6.1. Modèle biologique choisi……... 32
II.6.2. Techniques de pêches utilisées…….. 32
II.6.3. Méthodes d'étude des paramètres bioécologiques du peuplement de poissons…….. 33
II.6. 3.1. Etude des mensurations des poissons (Longueurs et pois). 33
II.6. 3.2. Mesures et détermination de paramètres de lareproduction……. 34
II.6. 3.2.1. Dimorphisme sexuel…….. 34
II.6. 3.2.2. Estimation du nombre d'œufs par ovaire…... 35
II.6.4. Exploitation des données……... 35
II.6.4.1. Croissance relative (relation taille-poids)……..... 35
II.6.4.2. Sex-ratio…….. 36
II.6.4.3. Fécondité……. 36
II.6.4.4. Cycle sexuel et période de ponte …… 36
II.7. Mode d'extraction et de dosage des réserves énergétiques……..... 37
II.7.1. Extraction et dosage des lipides……..... 37
II.7.2. Extraction et dosage des sucres…….. 38
II.8. Analyses statistiques…… 38
Chapitre III : Résultats et Discussion …… 40
III.1 Les paramètres physico-chimiques…….. 40
III.1.1 Paramètres physiques …… 40
III.1.2 Paramètres chimiques ……... 45
III.2 Etude des facteurs bioécologiques……... 54
III.2.1 Etude de la croissance de la population de barbeau *Barbus callensis*... 54
III.2.2. Étude de la Reproduction …….. 58
III.2.2.1. Étude de la sex-ratio……..... 58
III.2.2.2. Rapport gonado-somatique (RGS)…….. 59
III.2.2.3. Fécondité……. 61
III.3 Réponses des traits de vies biochimiques de *Barbus callensis* en fonction de sites d'études…… 62
CONCLUSION GÉNÉRAL……..... 65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES…… 67
ANNEXE……. 74

LISTE DES FIGURES

Figure I.1.	*Barbus callensis (*Valenciennes, 1842) …….	4
Figure I.2.	Représentation de l'ordre chronologique des différentes atteintes induites au sein de l'organisation des systèmes biologiques…….	10
Figure I.3.	Composantes et enjeux de l'écotoxicologie……..	10
Figure I.4.	Représentation schématique des différents paramètres mesurables à différents niveaux d'organisation biologique pour évaluer l'état de santé des écosystèmes aquatiques……..	12
Figure II.1.	Situation géographique du Parc National de Chréa……..	16
Figure II.2.	Présentation des secteurs du Parc National de Chréa…….	21
Figure II.3.	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la zone d'étude EL Hamdania (2000-2017)……	22
Figure II.4.	Place de la zone d'étude dans le Climagramme d'Emberger…….	23
Figure II.5.	Localisation des stations d'étude secteur El'Hamdania…….	24
Figure II.6.	Oued Chiffa (Originale, 2018)……..	25
Figure II.7.	Oued El-Djir (Originale, 2018)…….	25
Figure II.8.	Oued El-Merdja (Originale, 2018)……	26
Figure II.9.	Technique d'échantillonnage utilisée (Originale, 2018)……	33
Figure II.10.	Principales mensurations effectuées sur les individus de barbeau *Barbus callensis* (Originale, 2018)……	33
Figure II.11.	Récupération du foie dans les tubes Eppendorf (Originale, 2018)	34
Figure II.12.	Gonade mâle et Gonade femelle du *Barbus callensis* (Originale, 2018)……..	34
Figure II.13.	Détermination de nombre d'œufs (Originale, 2018)……..	35
Figure III.1.	Variation spatiale des valeurs moyennes de la température……..	41
Figure III.2.	Variation spatiale des valeurs moyennes de pH…….	42
Figure III.3.	Variation spatiale des valeurs moyennes de la Turbidité……	42
Figure III.4.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Conductivité électrique……....	43
Figure III.5.	Variation spatiale des valeurs moyennes de la Salinité…….	44
Figure III.6.	Variation spatiale des valeurs moyennes de taux des solides dissous…….....	44
Figure III.7.	Variation spatiale des valeurs moyennes des Nitrates……..	46
Figure III. 8.	Variation spatiale des valeurs moyennes des Nitrites……	47
Figure III. 9.	Variation spatiale des valeurs moyennes de l'Ammonium……	48
Figure III.10.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Phosphore…….	49
Figure III.11.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Calcium……	49
Figure III.12.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Magnésium……	50
FigureIII.13.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Chlorure……	51
Figure III.14.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Sodium…….	51
Figure III.15.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Potassium……	52
Figure III.16.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Bicarbonates…….	53
Figure III.17.	Variation spatiale des valeurs moyennes de Fer……	53

Figure III.18. Variation spatiale des valeurs moyennes de Sulfates……. 54
Figure.III.19. Variation spatiale de la Longueur et du poids de la population étudiée *Barbus callensis*……. 55
Figure III.20. Courbe de croissance relative (taille-poids) chez le Barbeau *Barbus callensis*……. 56
Figure III.21. Variation temporelle des effectifs mâles et femelles de *Barbus callensis* capturés…… 58
Figure III.22. Pourcentages du sexe ratio observé chez *Barbus callensis* dans les trois points d'études ……. 59
Figure III.23. Variation temporelles des rapports gonado-somatiques chez les deux sexes chez Barbus *callensis* capturés à différents Oueds….. 60
Figure III. 24. Variation spatiales des biomarqueurs énergétiques de *Barbus callensis*……... 63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1.	Superficies en hectares et en pourcentages des différentes communes comprises dans le Parc National de Chréa……..	17
Tableau II.2.	Occupation du sol au niveau du Parc National de Chréa……..	19
Tableau II.3.	Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie à EL Hamdania (2000-2017)…….	22
Tableau II.4.	Chronologie des sorties de terrain…….	26
Tableau II.5.	Détermination de la courbe standard de cholestérol…….	37
Tableau III.1.	Résultats des analyses des paramètres physiques pour les différents sites d'étude……...	40
Tableau III.2	Résultats des analyses des paramètres chimiques pour les différents sites d'étude……...	45
Tableau III.3.	Longueur et poids des individus de la population étudiée *Barbus callensis*…….	55
Tableau III.4.	Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez le barbeau *Barbus callensis*……...	56
Tableau III.5.	Sex-ratio global de *Barbus callensis* des individus capturés pendant la période d'étude……	58
Tableau III.6.	Variation de la fécondité en fonction de différents oueds étudiés chez la population étudiée *Barbus callensis*……..	61
Tableau III.7.	Variation spatiale des mesures pondérales de foie et des réserves lipido-glucidiques de *Barbus callensis*…….	62

LISTE DES ABREVIATIONS

PNC :	Parc National de Chréa.
ADE :	Algérie des eaux.
O.N.M.:	Office National de Meteorologie.
K :	Kelvin.
M:	Moyenne des températures maximales.
m:	Moyenne des températures minimales.
M moy:	Moyenne des températures.
max :	Maximale.
min :	Minimale.
moy:	Moyenne.
NTU :	NephelomtricTurbidity Unit : Unité Standard de mesure de la turbidité.
Q_2:	quotient pluviothérmique d'Emberger.
T :	Température.
UICN :	Intervention d'Union Internationale pour la Conservation de la Nature.
***al*.:**	collaborateurs.
N:	Nord.
Nbre:	Nombre.
EDTA :	Ethylène Diamino Tétra Acétique.
µs/cm :	microsiemens par centimètre.
NA :	Norme Algérienne.
RN :	Route Nationale.
ANOVA :	ANalysis Of Variance.
r :	coefficient de corrélation.
r2 :	coefficient de détermination.
Km:	Kilomètre.
PS	Pèriode sèche.
PH	Pèriode humide.
RGS :	Rapport gonado-somatique.
T.M. :	Taux des masculinités.
T.F. :	Taux des féminités.
Lt :	longueur totale.
Ls :	longueur standard.
Wt	poids total.
Wh	poids du foie.
Ha:	Hectare.
°:	Degre.
':	Minute.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'eau est la ressource indispensable pour le développement de toutes les espèces, car elle est l'origine de la vie (Morsi, 2016).

L'écosystème aquatique est défini comme une unité de l'environnement dans laquelle est entretenue grâce à la lumière du soleil une communauté biologique (production, consommation et décomposition des organismes vivants), ainsi que les cycles des substances nécessaire à la vie. Les écosystèmes aquatiques sont le siège de phénomènes chimiques, physiques et biologiques, et apparaissent comme une source limitée et fragile menacée par les atteintes à l'environnement (Morsi, 2016).

Le milieu aquatique est un vecteur majeur pour la dispersion des polluants au niveau planétaire. La quantité et la diversite des xénobiotiques présents dans les eaux n'ont cesse d'augmenter ces dernieres decennies (Dupuy, 2014). Le milieu aquatique constitue le réceptacle final de tous les déchets de notre planète d'après Ferhat Et Kehoul (2014).

À cause de cette dégradation de l'environnement plusieurs espèces sont menacées de disparition (UICN, 2006). Mimeche (2008), affirme que la diversité des peuplements de poissons sa structure dépend principalement du milieu écologique, de la nature de d'eau et des objectifs économiques assignés.

La surveillance des écosystèmes aquatiques est exercé depuis plusieurs années afin d'éviter les conséquences parfois graves de la pollution. À l'heure actuelle, deux approches complémentaires, basées sur l'étude des organismes vivants, sont utilisées : les «bio-indicateurs» et les « biomarqueurs ». Ainsi, les expérimentations en conditions contrôlées ont largement démontré que les biomarqueurs peuvent être utilisés pour évaluer l'exposition des individus à des xénobiotiques et, dans certains cas, les effets de ceux-ci sur les structures et les fonctions vitales de l'organisme (Boudjema, 2013).

Les biomarqueurs sont largement étudiés et utilisés pour établir un diagnostic de l'état de dégradation des environnements aquatiques en milieu naturel d'après Ndiaye (2012).

Face à cette situation alarmante et pour une bonne préservation du milieu aquatique, le présent travail a donc pour les objectifs, d'apprécier le degré de pollution des eaux échantillonnées aux différents points d'études (Oued El-Merdja, Oued Chiffa et Oued El-Djir) par l'analyse de différents paramètres physico-chimique, d'étudier et de comparer les paramètres bioécologiques de barbeau *Barbus callensis* capturés de différents sites via l'analyse de la croissance, de la reproduction et de la fécondité et d'évaluer de degré de perturbation des biomarqueurs énergétiques en fonction de milieu de vie.

Pour ce faire, nous avons adopté le plan suivant :

Une introduction où nous avons précisé les objectifs visés dans le cadre de ce travail

- Le **premier chapitre** est consacré à la présentation des caractéristiques bio-écologique de barbeau *Barbus callensis*, traite le phénomène de pollution du milieu aquatique et son origine ainsi ce chapitre donne une idée sur les biomarqueurs en écotoxicologie.

- Le **deuxième chapitre** est consacré à la présentation générale de la zone d'étude, nous avons décrit ainsi les différentes méthodes et techniques utilisées tant au laboratoire que sur le terrain, ainsi que pour l'exploitation des résultats obtenus.

- Le **Troisième chapitre** renferme tous les résultats obtenus avec des discussions.

Enfin, une conclusion générale récapitule l'ensemble de nos résultats

Chapitre I

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I
SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralités sur *Barbus callensis (*Valenciennes, 1842)

La famille des *Cyprinidae* est l'une des plus importantes familles de poissons d'eau douce. Elle est caractérisée par un important polyphylétisme et par de larges différenciations écologiques. Elle affectionne généralement des eaux tièdes, courantes ou stagnantes, peu minéralisées (maximum de 7 à 10 mg/l), mésotrophes et eutrophes (Bruslé et *al*., 2001). Ils sont considérés comme polluo-résistants d'où leur large répartition géographique (Morsi, 2016). Le genre *Barbus* appartient à la famille des cyprinidés. Cette dernière compte plus de 340 genres avec approximativement 2000 espèces.

I.1.1. Répartition des barbeaux dans le monde

Les cyprinidés, dont font partie les barbeaux, ont attiré l'attention des scientifiques grâce à leur particularité, ceci par leur grande distribution dans le monde et leur mode de reproduction en eaux douces. Le barbeau répartis en majorité en Asie, en Europe et en Afrique (Bouhbouh, 2002).

Selon Djemali (2005), le barbeau *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842), est une espèce caractéristique de l'Afrique du Nord, le mot *callensis* vient de la première description de cette espèce dans le lac Calle situé en Algérie. *Barbus callensis* est un poisson d'eau douce des eaux continentales du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie (Ould Rouis et *al.*, 2012). En Algérie *B. callenis* est largement réparti, il peuple tous les barrages, les gueltas, les lacs et les oueds situés au nord de l'Atlas entre les frontières tunisienne à l'est et marocaine à l'ouest (Berkani et *al.*, 2017). Sa répartition liée à la vitesse du courant de l'eau qui est considérée comme un élément très important dans la distribution du barbeau (Nasri et Guendouz, 2013).

I.1.2. Classification

D'après Nelson (1994), la position systématique du barbeau est la suivante :

- Phylum : Cordés
- Classe : Ostéichtyens
- Sous-classe : Actinoptérygiens
- Infra-classe : Téléostéens
- Ordre : Cypriniformes
- Sous-ordre : Cyprinoidés
- Famille : Cyprinidés
- Genre : *Barbus*
- Espèces : *B. Callensis* (Valenciennes, 1842) (Hamitouche et *al.*, 2017)

Les barbeaux sont représentés par plusieurs espèces et seulement par un seul genre *Barbus*, ils sont parmi les genres les plus diversifiés des cyprinidés avec 18 à 25 espèces européennes et 33 espèces africaines (Aberkane, 2010).

Le synonyme de barbeau *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842) est *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (Morsi, 2016).

I.1.3. Bio-écologie des barbeaux

I.1.3.1.Description du genre *Barbus*

Les poissons appartenant à ce genre sont généralement caractérisés par (Kraïem, 1998; Bouhbouh, 2002 ; Brahmia, 2017):

- Un corps fusiforme, plus ou moins comprimé, recouvert d'écailles cycloïdes, dont le nombre et les stries radiales servent de critères de détermination systématique ;

- Une bouche petite ou moyenne, plus ou moins protractile, avec deux lèvres de dimensions variables et munies chacune d'une paire de barbillons (d'où le nom de Barbeaux).

- Une ligne latérale habituellement présente et complète;

- Une nageoire dorsale à dernier rayon simple osseux denticulé ou non, dont la forme et les dimensions servent à la diagnose des espèces;

- Des os pharyngiens bien développés et pourvus de dents: les dents pharyngiennes, dont le nombre et la forme constituent aussi un critère de diagnose systématique.

Barbus callensis possède une couleur brune jaunâtre à éclat métallique, le ventre argenté, les jeunes sont souvent mouchetés de noir, les écailles sont moyennes.

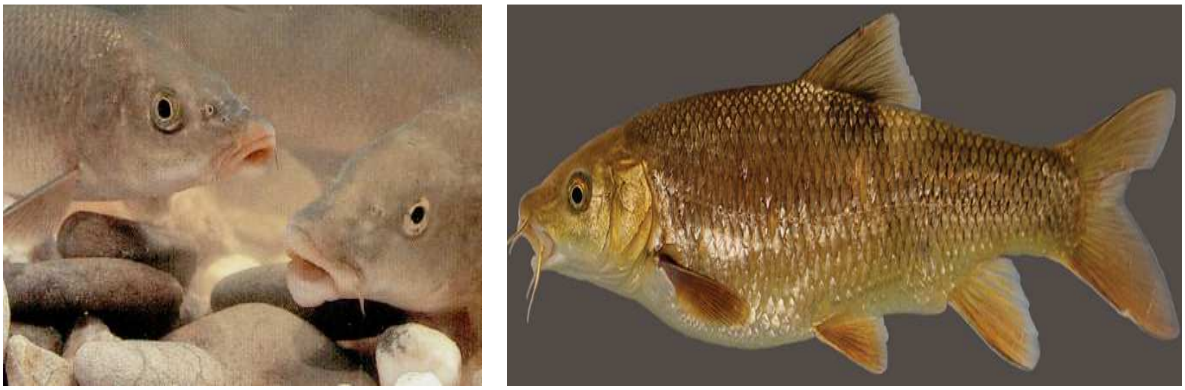


Figure I.1. *Barbus callensis (*Valenciennes, 1842) (Bouhbouh, 2002; Casal-lopez et *al.*, 2015).

I.1.3.2. Habitat

Le barbeau est fréquent dans les cours d'eau permanents ou même temporaires, où il se réfugie, lors de l'assèchement estival. *Barbus barbus* préfère notamment les rivières à fond caillouteux, aux eaux courantes bien oxygénées, mais tolère aussi la vie dans les cours d'eau à fond vaseux, plus profonds. Le barbeau s'est bien adapté à la vie dans les retenues de barrages et dans les lacs collinaires, où il a connu une grande prolifération (Brahmia, 2017).

B. callensis effectue, grâce à sa capacité de tolérer les eaux salines, jusqu'à 15g/l 7, des incursions en eaux saumâtres qu'il quitte dès l'augmentation de la salinité au delà du seuil de tolérance. Il s'agit d'un poisson grégaire qui fréquente des milieux ou la profondeur est moyenne, les rives sont à pente modérée, le courant est moyen et le substrat, plus ou moins fin (sable, graviers et pierres), présente des abris (herbiers, souches et blocs) qui lui servent de refuges ou de sources de nourriture (Chaouachi et Ben-Hassine, 1998; Berkani et *al* ,2017).

L'habitat du poisson réunit : les frayères, les aires de croissance, d'alimentation et de migration, où le poisson accomplit ses processus vitaux. Les individus les plus jeunes sont localisés dans les zones peu profondes et peu courantes, alors que les plus vieux fréquentent des eaux plus profondes à des températures varient entre 20 à 23°C en été (Ferhat et Kehoul, 2014).

I.1.3.3. Régime alimentaire

Le barbeau est un poisson benthique, il possède une bouche en position ventrale et deux paires de barbillons qui sont des organes sensoriels tactiles et gustatifs, utilisés pour la recherche de la nourriture au fond des cours d'eau ou des lacs et lacs réservoirs (Mimeche, 2008). Le régime alimentaire du barbeau est varié à tendance planctophage et micro-benthophage au stade juvénile et benthophage et omnivore à l'état adulte. Il peut s'alimenter à tous les niveaux trophiques (débris végétaux, algues, vers, mollusques, larves d'insectes, voire œufs et alevins d'autres poissons) bien que la composante essentielle de son alimentation soit constituée de larves d'insectes (Mimeche, 2008).En bref ce poisson est omnivore. Le barbeau cherche sa nourriture au crépuscule et pendant la nuit. Durant la journée, il est surtout actif après un orage, lorsque les eaux tumultueuses apportent sur leurs passages de petits organismes (Berkani et *al.*, 2017).

L'activité alimentaire du *B. callensis* suit un rythme saisonnier, avec de faible taux de vacuité. L'été et le printemps sont les saisons de forte activité alimentaire. Cette activité diminue durant l'automne et l'hiver (Hamitouche et *al.*, 2017).

Autrement dit le régime alimentaire des adultes varie en fonction de la saison. Selon Morsi (2016), le mode de préhension de la nourriture des barbeaux dans les espaces aquatiques est le ramassage et le raclage .Il utilise ses barbillons pour rechercher des larves d'insectes et des vers. Ses puissantes dents pharyngiennes lui permettent de déguster aussi les écrevisses et les crevettes d'eau douce.

I.1.3.5. Reproduction

Les poissons sont généralement caractérisés par une activité de reproduction saisonnière qui est différente d'une espèce à l'autre en fonction de la capacité d'adaptation aux conditions environnementales et des facteurs de stimulation. Cette activité est contrôlée par des systèmes neuroendocriniens et endocriniens, le cycle reproducteur comprend principalement deux phases, la gamétogenèse et la période du frai (Aberkane, 2010). D'après Nasri et *al.*, (2013), la fertilisation est une étape essentielle dans la reproduction sexuelle pour l'arrivée des nouveaux individus, c'est un processus fondamental nécessitant la fusion entre les deux gamètes, mâles et femelles.

La première maturité sexuelle est atteinte à 6-7 ans chez les femelles (± 35 cm), et 1 à 2 ans plus tôt chez les mâles (± 15 cm). En milieu naturel, la reproduction du barbeau a lieu en Mai- Juin, lorsque la température de l'eau est comprise entre 14 et 18 °C et la photopériode croissante. Par la suite, la diminution de la photopériode inhibe la maturité des mâles et des femelles (Gennotte, 2016). Les barbeaux peuvent se rendre à plusieurs kilomètres de leur endroit habituel pour trouver les frayères. Les sites de reproduction sont essentiellement des plages de graviers peu profondes de moins de 30 cm. Pour cela, la femelle creuse ensuite une cavité sous les graviers, se redresse et introduit sa papille génitale pour enfouir entre 3000 à 9000 œufs par paquets. Dans les conditions naturelles, le barbeau fraye une fois par an dont la période de reproduction est printanière. Les mâles émettent alors leur laitance pour les féconder. La ponte est fractionnée en deux à trois événements de ponte dont le premier débute lorsque la température atteint 13,5°C - 14°C .Ce seuil thermique est indispensable car la mortalité des œufs est totale à une température inférieure à 13°C(Morsi, 2016). Généralement, les cyprinidés produisent des petits œufs de 1-2mm dont l'éclosion est rapide avec des larves de petite taille (4-7mm) avec une incubation de 3-4 jours (Aberkane, 2010; Nasri et *al.*, 2013). Selon les mêmes auteurs l'éclosion des œufs se produit deux semaines après la fécondation.

I.2. Généralité sur la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol (Rodier, 2005). Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines. L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité des substances polluantes qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes, périodique ou encore accidentelles, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (Rodier, 2005).

La pollution participe de ce fait à diminuer les volumes d'eau utilisable par les populations. Elle engendre aussi des maladies et les phénomènes d'eutrophisation dans les réserves d'eau et déséquilibre dans l'environnement naturel (Zella, 2007). Les eaux usées résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles (Rodier, 1996). Cette situation fréquemment rencontrée est d'autant plus regrettable que l'eau est le principal élément constitutif des êtres vivants.

I.2.1. Définition de la pollution

Le terme « pollution » désigne toute modification défavorable du milieu naturel, qui parait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités réactives du milieu (Ramade, 2002).

Une pollution peut se définir comme une dégradation ou une perturbation du milieu, qui résulte en général de l'apport de matières ou de substances exogènes. Ses effets peuvent être modificateurs ou destructeurs vis-à-vis du fonctionnement du milieu, selon la nature et la quantité du polluant (Genin et *al.*, 2003).

Selon Breuil (2009), la pollution est un phénomène de modifications défavorables des milieux naturels directement ou indirectement des activités humaines. Il s'agit de la dégradation d'un milieu par l'arrivée d'un agent physique, chimique, ou biologique polluant .Ainsi, la pollution modifie la répartition des flux d'énergie, des radiations, altère les propriétés physico-chimiques des milieux naturels et entraine des diminutions des populations des espèces vivantes, voire provoque leur disparition.

Ramade (2002) dit que, les pollutions constituent une des causes essentielles de stress des écosystèmes terrestres ou aquatique.

I.2.3. Types de pollution

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager et les organismes aquatiques. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température…), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage…). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type (Moussa Haidar, 2014).

I.2.3.1.La pollution chimique

Ce type de pollution des eaux de surface résulte le plus souvent de l'introduction dans le milieu de substances à effet toxique, de critères multiples et d'origines diverses (pesticides, détergents, métaux lourds,… etc.). La pollution chimique des eaux peut être chronique, accidentelle ou diffuse. Elle peut être due à (Melghit, 2011):

- l'insuffisance de certaines stations d'épuration;
- l'absence de réseaux d'assainissement dans certaines zones;
- le lessivage des sols, mais aussi des chaussées et des toits par les pluies;
- le rejet d'effluents par les industries

I.2.3.2. Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) (Mazouni, 2016).

I.2.3.3. Pollution microbiologique

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques (Belhaj, 2017). L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille: les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Zeghoud, 2014). L'eau peut être un milieu favorable aux développements de ces organismes nuisibles à la santé des populations qui l'utilisent pour leurs besoins.

Selon Moussa Haidar (2014), les bactéries pathogènes (Vibrionacea, Enterobacteriaceea, etc…) sont responsables des principales maladies hydriques.

I.2.4. Origine de la Pollution

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole (Zeghoud, 2014).

I.2.4.1.Pollution d'origine domestique et urbaine

L'origine des eaux résiduaires urbaines est principalement domestique. La pollution domestique est la conséquence d'une utilisation quotidienne de l'eau dans la maison (tâches ménagères, cuisine, entretien d'un jardin, toilette, etc.). Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines- urines et fèces (eaux vannes) et d'eau de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Les eaux domestiques sont riches en déchets organiques, en graisses, matières minérales, azote, phosphore, et contiennent également des sels minéraux et des métaux. Les détergents contiennent des matières minérales tel les phosphates, qui entraînent la prolifération des algues dans le milieu naturel s'ils ne sont pas traités (Assaad, 2014). Les déchets organiques sont les principaux polluants d'eau urbains. Leur dégradation consomme l'oxygène dissous dans l'eau. Les engrais engendrent des développements d'algues excessifs, qui consomment aussi de l'oxygène dissous. L'huile de vidange, souvent jetée illégalement dans les collecteurs d'eau pluviale, et les métaux lourds sont des polluants courant. Ils sont emportés par les collecteurs vers les rivières et les fleuves (Hamitouche et *al.*, 2017).

I.2.4.2.Pollution d'origine industrielle

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité: substances organiques banales, produits organiques de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds.... Les pollutions sont exceptionnelles (incident dans un procès) mais encore trop souvent chroniques (fuite de réservoirs, de canalisations...) Un cas surfaces. En effet, les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage influencent fortement

le régime et la qualité des eaux. L'utilisation massive des engrais et des pesticides chimiques détruit la vie dans les rivières et rend impropres à la consommation humaine, et parfois animale, les eaux superficielles et souterraines (Frioua, 2014).

La variation de l'activité industrielle engendre donc diverses pollutions telles que (Assaad, 2014) :

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires…);
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports);
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie);
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries…);
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques);
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactifs).

I.2.4.3. Pollution d'origine agricole

L'agriculture peut produire une pollution ponctuelle, comme les fuites de stockage des sous-produits de l'élevage (Hamitouche *et al.*, 2017). La pollution est étendue dans l'espace et dans le temps; elle est chronique et concerne de grandes surfaces. En effet les pratiques agricoles telles que l'utilisation des engrais et des pesticides influencent fortement la qualité des eaux. Une pollution ponctuelle commune est fournie par les eaux de rinçages des récipients et appareils d'épandage. L'épandage des boues de stations d'épuration pose problème par leur charge possible en métaux lourds et germes, en plus de leur richesse en azote résiduelle après culture. Les élevages intensifs de bovins et volailles produisent une grande quantité de déjections azotées qui doit être stockées en réservoirs étanches avant d'être utilisée comme engrais (Frioua, 2014).

I.3. Biomarqueurs en éco-toxicologie

Les substances chimique dans le milieu est un contaminant, si elles exercent des effets défavorables sur le plan biologique, ils s'agissent alors d'un polluant (Moriarty, 1990 *in* Tchaker, 2018) ou d'un xénobiotique (Butler & Lowe, 1978 *in* Tchaker, 2018).

Selon Ramade (2007 *in* Tchaker, 2018), un xénobiotique, est une molécule étrangère à un organisme vivant et possédant pour ce dernier des caractéristiques toxiques même à de faibles concentrations.

Les xénobiotiques présents dans l'environnement sont susceptibles d'altérer tous les niveaux d'organisation biologique (Figure.I.2), provoquent des dégradations des écosystèmes et même une instauration progressive d'un déséquilibre écologique à une forte et même à une faible concentration (Van Der Oost, 2003).

Les problèmes posés par la dispersion de xénobiotique dans l'environnement ont suscité l'intérêt de la communauté scientifique depuis long temps. La prise de conscience de la nécessité de préserver les écosystèmes a ainsi fait émerger certaines questions, notamment celles du devenir de ces polluants dans l'environnement ainsi que de leurs effets sur les communautés animales et aussi végétales.

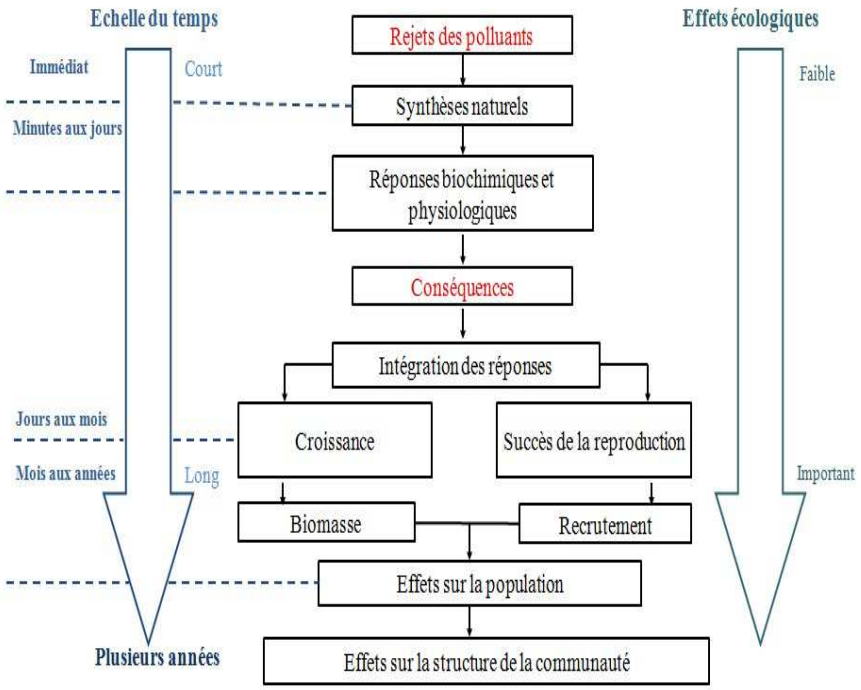


Figure I.3. Représentation de l'ordre chronologique des différentes atteintes induites au sein de l'organisation des systèmes biologiques (Van Der Oost et *al.*, 2003).

I.3.1.Ecotoxicologie

Au cours des années 70, la demande sociétale pour obtenir des réponses aux questions environnementales est devenue de plus en plus forte. Dans le même temps, de nouveaux outils comme la modélisation ont pu voir le jour et apporter leur contribution à l'étude des mécanismes de transfert des polluants d'un niveau trophique à l'autre. L'intégration de ces outils a donné lieu à la création de l'écotoxicologie (Figure I.3.). Ce terme, inventé par le français René Truhaut en 1974 (Ramade, 1977 *in* Péan, 2012), est une compression d'écologie et de toxicologie.

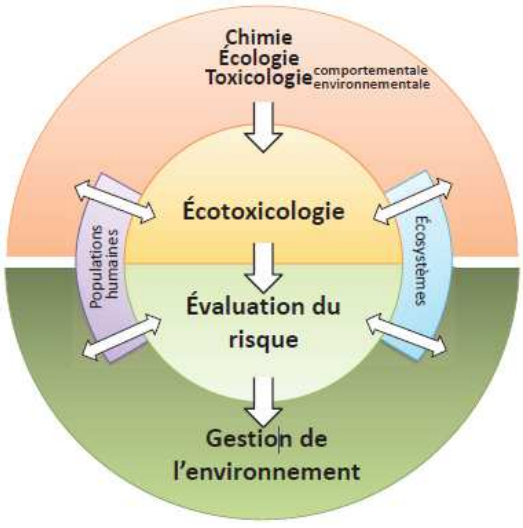


Figure I.4. Composantes et enjeux de l'écotoxicologie (Lame et *al.*, 1999 *in* Péan, 2012.)

L'écotoxicologie c'est la science qui étudie la toxicité des milieux par les divers polluants (Ramade, 1977). Selon Truhaut (1977), l'écotoxicologie évalue les effets des perturbations physiques et chimiques sur les êtres vivants, les voies de transfert des contaminants et leur action sur l'environnement.

L'écotoxicologie à deux objectifs principaux (Djabourabi, 2006):

- Etudier les processus de contamination des milieux ;
- Evaluer les effets des polluants à l'égard de la structure et du fonctionnement des systèmes naturels.

L'évaluation des conséquences toxicologiques de la présence d'un xénobiotique au sein d'un écosystème aquatique est complexe. Cette démarche suppose une approche intégrative de différents paramètres. En effet, la seule présence d'un xénobiotique dans un système écologique donné ne constitue pas, en soi-même, un élément suffisamment pertinent pour en déduire un risque pour les biocénoses. Des liens doivent être établis entre les niveaux externes d'exposition (mesures chimiques de la présence du contaminant dans l'écosystème), les niveaux internes de contamination tissulaire (sa bioaccumulation dans les organismes) et les effets biologiques induits. Ainsi, l'exposition, le devenir et les effets des polluants au sein des écosystèmes aquatiques nécessitent une étude éco-toxicologique multiparamétrique (Barillet, 2006).

I.3.2. Surveillance de la qualité de l'environnement

Les nombreuses méthodes permettant de surveiller la qualité de l'environnements peuvent être réparties en deux catégories, clairement distinctes: d'une part, la détection des polluants et éventuellement leur quantification, dans les milieux physiques et biologiques, et d'autre part l'évaluation des effets des polluants sur les organismes vivants, soit au niveau des individus, ou au niveau des population et/ou communautés, Après plusieurs années d'utilisation de ces différentes méthodologies, il apparaît qu'aucune d'entre elles n'est exclusive et ne peut, à elle seule, fournir des informations fiables et complètes sur l'état de l'environnement. En d'autre terme c'est l'association judicieuse de ces différentes approches qui permet d'évaluer de façon précise l'état des milieux et des organismes qui y vivent (Lagadic et *al.*, 1997).

Malgré que la surveillance chimique fournisse des informations sur la pollution des milieux, elle ne permet pas d'étudier les effets biologiques et les conséquences écologiques qui en découlent (Cajaraville et *al*., 2000). Dans la majorité des cas les techniques analytiques chimiques sont, incapables de détecter et quantifier les xénobiotiques présentent dans les écosystèmes. L'approche biologique a été développée dans le but de pallier les insuffisances des analyses chimiques et pour déterminer l'effet des polluants sur le milieu. En complémentarité avec la surveillance chimique, la biosurveillance a été propose et développe dans le but de permettre une meilleure évaluation de l'état de sante des écosystèmes naturels (Figure I.4) (Amiard et *al*., 1998 *in* Tchaker, 2018).

La biosurveillance se définit comme « l'utilisation des réponses à touts les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoit et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution ». C'est aussi « l'étude de la réponse biologique des organismes aux contaminants chimiques » (Arzul *et al.,* 2004). La biosurveillance repose sur la capacité de la cible biologique à concentrer

dans ses tissus les contaminants chimique dans un facteur proportionnel à leur biodisponibilité. Ainsi, l'objectif des réseaux de la Surveillance environnementale est de suivre les variations spatiales et temporelles des niveaux de contamination chimique dans le champ moyen de dilution des différents apports de contaminant affectant chaque unité du référentiel géographique d'un site donné.

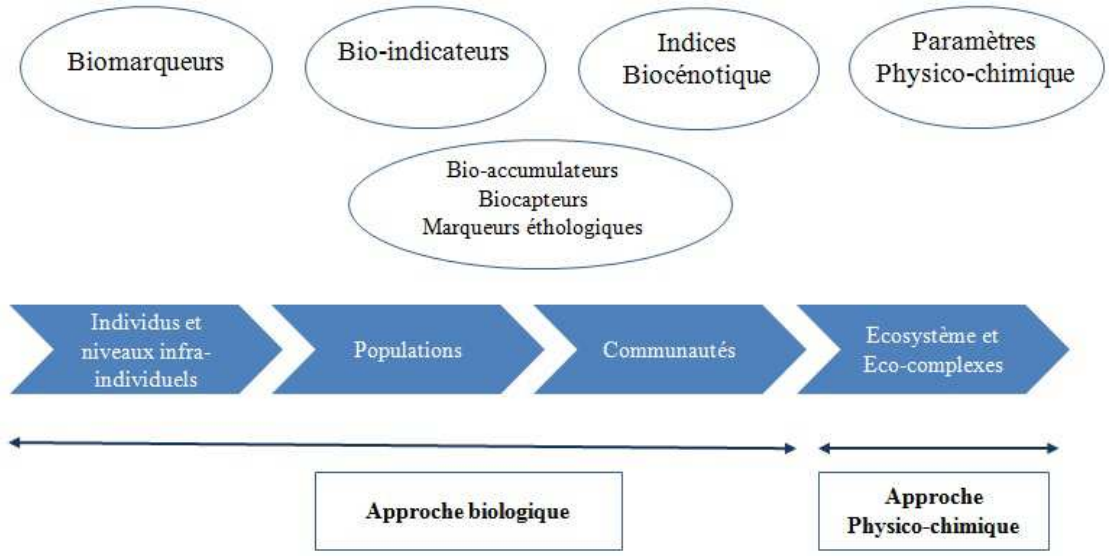


Figure I.5. Représentation schématique des différents paramètres mesurables à différents niveaux d'organisation biologique pour évaluer l'état de santé des écosystèmes aquatiques (Lagadic et al., 1997 *in* Tchaker, 2018).

En général, on distingue deux principes de biosurveillance (Amirad et Amirad-triquet, 2008):

- **La biosurveillance dite sensible**, qui utilise des organismes qui répondent au stress causé par la pollution. La mesure de cette sensibilité définit trois concepts (Amirad et Amirad-triquet, 2008):

o Le biomarqueur qui se situe au niveau infra-individuel;
o Le bioindicateur qui se place au niveau individuel (altérations physiologiques, tissulaires ou morohologique visibles);
o Le bio-intégrateur qui se situe au niveau de la population et/ou de la communauté (variation densitaire, présences/absence d'espèces);

- **La biosurveillance par accumulation**, qui utilise des organismes qui ont la capacité de stocker les polluants dans leurs tissus (bio-accumulateurs) suite à des mécanismes de fixation et/ou de transfert, le bio-accumulateur sert ici de matrice de dosage de différents polluants (Casas, 2005; Amirad et Amirad-triquet, 2008).

La mise en œuvre de la biosurveillance repose principalement sur deux stratégies (Amirad et Amirad-triquet, 2008):

La première appelée méthode *in situ* ou biosurveillance passive, qui utilise les organismes déjà présents sur le site (organismes indigènes), et présente l'avantage d'être

rapide. En effet, les organismes ayant déjà été exposés aux polluants, il ne reste plus qu'à les collecter et les analyser.

La seconde appelée méthode des transplants ou biosurveillance active emploie des Organismes dits transplantés. Elle peut être utilisée par exemple lorsque la méthode *in situ* n'est pas envisageable (absence d'organismes correspondant aux critères de l'étude). Cette dernière nécessite plus de temps car il faut laisser le temps aux transplants (organismes provenant d'une zone saine) d'accumuler les polluants présents dans leur nouvel environnement, cette phase d'exposition peut être plus ou moins longue selon le type d'organismes choisi et le polluant étudié.

En fin, dans le milieu naturel, les effets biologiques peuvent être évalués à l'aide de marqueurs biologiques (Burgeot et *al*., 1999 *in* Tchaker, 2018).

I.3.3. Biomarqueurs

Les biomarqueurs ont été proposés par plusieurs auteurs comme un outil fiable dans les études de biosurveillance qualitative et quantitative de l'exposition a différents agents agresseurs de l'environnement (Van Der Oost et *al.*, 2003).

1.3.3.1. Définition

Un biomarqueur peut être défini comme « un changement biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental qui peut être mesuré dans des tissus ou des fluides corporels ou au niveau de l'organisme entier, et qui met en évidence l'exposition à (/ou les effets d') un ou plusieurs polluants chimiques » (Amiard et Amiard-Triquet, 2008).

Il se définit ainsi comme un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire ou physiologique, qui révèle soit l'exposition présente ou passée d'un organisme à un polluant (biomarqueur d'exposition), soit ses effets sur l'organisme (biomarqueur d'effet ou indice de stress) (Kienzler, 2013). Selon le même auteur, le principe de l'utilisation d'un biomarqueur est de rechercher une signature biologique de l'exposition ou de l'impact d'un polluant sur l'organisme.

D'après Valton, (2012), un biomarqueur peut être considère comme une réponse biologique a un xénobiotique, qui peut être mesurée dans les tissus ou organes de l'organisme ou dans les liquides physiologiques tels que le sang ou la lymphe. Cette réponse indique une variation du «statut normal» de l'organisme sans que l'organisme entier soit modifie.

Les biomarqueurs constituent donc un moyen qui peut signaler la pollution d'un milieu ainsi que la bio disponibilité de ces substances toxiques d'après Djabourabi (2006).

1.3.3.2. Type des biomarqueurs

Les biomarqueurs écotoxicologiques classés selon Dupuy (2014) en trois catégories.

1.3.3.2.1. Biomarqueur d'exposition

Sont des indicateurs de la contamination des systèmes biologiques par un (des) xénobiotique(s). Ils peuvent être le résultat de l'interaction du polluant avec des molécules biologiques dans des tissus et/ou dans des liquides corporels (métabolites spécifiques de la conjugaison au glutathion, adduits à l'ADN,… etc). Dans ce cas, leur suivi consiste en la détection au sein d'un individu de métabolites issus de la métabolisation du xénobiotique ou de produits issus de son interaction avec certaines biomolécules ou cellules cibles. Les biomarqueurs d'exposition peuvent également prendre la forme d'activités ou de quantités anormales d'enzymes (telles que celles impliquées dans les activités de biotransformation). En effet, certaines enzymes sont capables d'être induites ou activées par les polluants, cette induction pouvant revêtir un caractère plus ou moins spécifique d'un type de polluant donné (Barillet, 2007).

1.3.3.2.2. Biomarqueur d'effet

Un biomarqueur d'effet correspond à une altération biologique qui, en fonction de l'intensité de la réponse, peut être associée à une possible altération de l'état physiologique de l'individu, comme des effets sur la croissance ou sur le succès reproducteur. Par exemple, les protéines de stress *(Heat Shock Protein* ou HSP), qui sont induites par une grande variété de stress chimiques et physiques non spécifiques, sont indicatrices d'une perturbation de l'homéostasie des protéines cellulaires, le plus souvent via une altération de la structure des protéines (Djabourabi, 2006). Ces biomarqueurs peuvent être de deux types : les biomarqueurs d'effets non spécifiques qui décrivent les effets provoquent par un grand nombre de facteurs de Stress (Exp: le changement de poids d'un organisme) et les biomarqueurs d'effets spécifiques, qui décrivent les réponses de l'organisme a une classe de xénobiotiques en particulier. Les biomarqueurs d'effets spécifiques sont généralement des réponses biochimiques, immunologiques ou des altérations histopathologiques et cellulaires (cassures de l'ADN, enzymes du stress oxydant, réponses lysosomales) (Valton, 2012).

1.3.3.2.3. Biomarqueur de sensibilité ou successibilité

Les biomarqueurs de sensibilité informent sur le rôle des variations génétiques dans les réponses observées. Ils concernent notamment l'expression d'enzymes antioxydantes dont les variations peuvent augmenter la sensibilité des organismes. De nombreux biomarqueurs non spécifiques sont aujourd'hui utilisés dans la surveillance de l'environnement : nous citerons, la stabilité de la membrane lysosomales dont la perturbation subcellulaire s'est donc révélée être un bon indice extrêmement sensible de la condition de la cellule et le stress on stress qui permettent d'évaluer leur état physiologique (Khati Hadj Moussa, 2009). Ils sont des indicateurs d'une capacité inhérente ou acquise d'un organisme à répondre à un xénobiotique spécifique. Ils ont pour objet de rendre compte de différences interindividuelles dans la réponse à une exposition toxique. Cette catégorie de biomarqueurs peut donc notamment inclure des facteurs génétiques. En effet, cette sensibilité individuelle peut résulter de polymorphismes des gènes impliqués dans le métabolisme des xénobiotiques ou dans la réparation des lésions de l'ADN (Kerambrun, 2011).

I.3.4. Réserves énergétiques

De nombreux stress (physiques et/ou chimiques) peuvent entraîner la mobilisation des réserves énergétique. Lorsque l'assimilation d'énergie est supérieure aux demandes, celle-ci est stockée sous forme de glycogène et/ou de lipides. Le glycogène et les lipides sont toujours utilisés en premier; dans le cas de stress sévères, les protéines peuvent être mobilisées. En regard des données de la littérature, les réserves énergétiques sont mesurées dans des organes d'intérêt (muscle, gonade, manteau, hépatopancréas, glande digestive) ou dans l'organisme entier chez des animaux de groupes taxonomiques très variés (poissons, mollusques bivalves, arthropodes, annélides) issus de milieux aquatiques ou terrestres.

L'utilisation de molécules clés ou d'activités enzymatiques en lien avec le métabolisme énergétique en tant que biomarqueurs a fait l'objet de plusieurs synthèses bibliographiques (Le Gal et *al.,* 1997; Mayer et *al.,* 2002 *in* Ramade, 2007)

Chapitre II

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II
MATERIEL ET METHODES

II.1.Objectif

Notre travail porte sur la bio-écologie d'une espèce de poisson appartient à la famille Cyprinidae *Barbus callensis* capturée dans les trois points prélèvements oued El-Merdja, Oued Chiffa et Oued El-Djir. Ce travail comporte plusieurs volets :

- Analyser le milieu de vie de ce matériel biologique et plus précisément les propriétés physico-chimique de l'eau échantillonnée;

- Etudier la bioécologique de la population péchées de différents sites, notamment à la connaissance des aspects liés à la biologie (croissance, reproduction) et à l'écologie (fécondité…)

- Vérifier et estimer la perturbation des réserves énergétique lipido-glucidique de *Barbus callensis* en fonction des conditions environnementaux.

II.2. Présentation de la région d'étude: Parc National de Chréa

II.2.1. Situation géographique

Le Parc National de Chréa est une aire protégée qui s'étale sur une superficie de 26 587 ha localisée au Sud de la plaine de la Mitidja. Ce dernier se situe à une cinquante km sur le massif de l'Atlas Blidéen, qui lui-même constitue la partie centrale de l'Atlas Tellien, comprises entre les latitudes Nord 36°19' / 36°30'et les longitudes Est 2°38' / 36°02. Son Altitude s'échelonne entre 174 m jusqu'à 1600 m du niveau de la mer (Dahel, 2015).

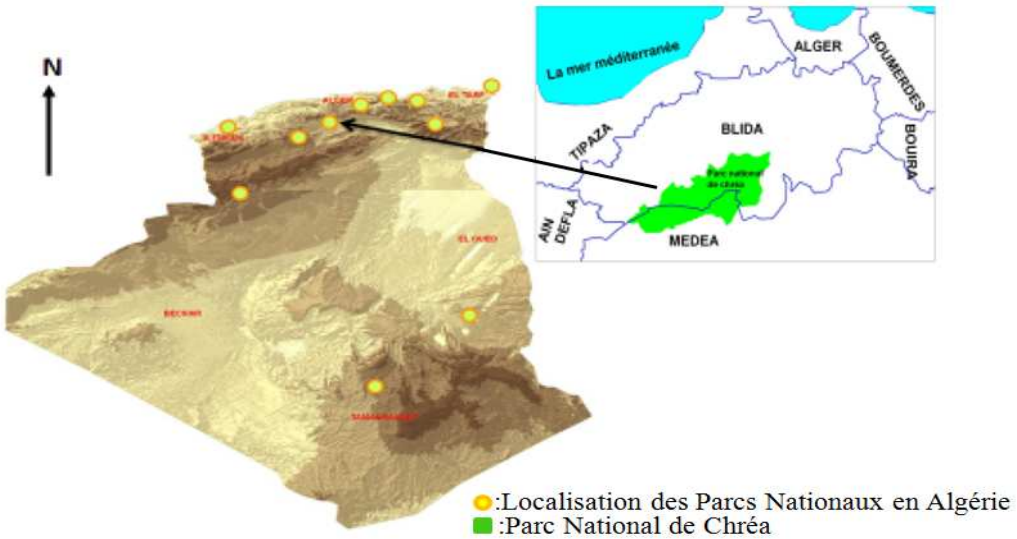


Figure II.1. Situation géographique du Parc National de Chréa (Sahli, 2015)

Echelle: 1/500 000

Le PNC chevauche respectivement sur la wilaya de Blida et la wilaya de Médéa (Figure II.1) (Tableau II.1) (Dahel, 2015).

La wilaya de Blida renferme 18 857 ha soit 67,43% de la superficie totale du parc, répartis entre les communes d'Ain Romana, Chiffa, Bouarfa, Blida, Chréa, Ouled Yaich, Guerrouaou, Soumâa, Bouinan, et Hammam Melouane. Elle couvre en fait la partie septentrionale du Parc National, reposant, avec sa zone tampon, sur un milieu fortement anthropisé tout le long de la zone de contact. (Dahel, 2015; Meddour, 1994) (Tableau II. 1). La wilaya de Médéa totalise 8 650 ha répartis entre les communes de Tamezguida, et El Hamdania. Elle couvre toute la partie méridionale du Parc national de Chréa qui repose avec sa zone périphérique, sur un milieu éparse fortement ponctué par une anthropisation rurale. 32,5 % de la superficie totale d u Parc national de Chréa appartiennent donc à la Wilaya de Médéa (Dahel, 2015; Meddour, 1994) (Tableau II.1). Il est à noter que la commune d'El Hamdania est totalement englobée dans le territoire du Parc.

Tableau II. 1. Superficies en hectares et en pourcentages des différentes communes comprises dans le Parc National de Chréa

WILAYAS	Communes	Superficie	%	% Wilaya
BLIDA	Ain Romana	316 ha	1,26%	**67,43%**
	Chiffa	1225 ha	4,61%	
	Bouarfa	3343 ha	12,57%	
	Blida	84 ha	0,32%	
	Chréa	7602 ha	28,59%	
	Ouled Yaïch	56 ha	0,21%	
	Soumâa	273 ha	1,03%	
	Bouinan	174 ha	0,65%	
	Hammam Melouane	4764 ha	17,92%	
	Total de la wilaya	**17857ha**	**67,43%**	
MEDEA	Tamezguida	4100 ha	15,45%	**32,57%**
	El Hamdania	4550 a	17,12%	
	Total de la wilaya	**8650ha**	**32,55%**	
	Total	**26587ha**	**100%**	**100%**

II.2.2. Cadre physique

II.2.2. 1. Aspects géologique et pédologique

Le Parc National de Chréa regroupe un relief montagneux composé successivement sur les hauteurs des monts de Hammam Melouane à l'Est, les crêtes de Chréa au centre et Djebel Tamezguida à l'Ouest (Dahel, 2015). Il enregistre une dénivelée très importante marquée par le point culminant à 1 627m à Koudiat Sidi Abdel Kader (Crêtes de Chréa) et le point le plus bas 217 m (Chiffa). Le massif de Blida sur lequel s'étend le Parc National de Chréa fait partie des zones externes de la chaîne alpine en Algérie. Il se situe au sud des massifs anciens Kabyles, et des massifs du Chenoua et de Bouzahréah, dont il est séparé par le synclinal plio-quaternaire de la Mitidja. Ce massif a subi de violents mouvements orographiques, datant de la partie de l'ère tertiaire. C'est ce qui explique son aspect très mouvementé au niveau de sa partie centrale. Il se compose essentiellement de schistes sur ses versants Nord. Ces schistes se prolongent régulièrement vers le Sud-Sud-est sous des argiles variant entre 40 et 60% et forment la base sur laquelle se sont accumulés les dépôts des

terrains postérieurs: calcaires marneux, grés, argiles sableuses et conglomérats (Meddour, 1994; Ghezali, 2012).

II.1.2.2. Hydrographie

Le Parc national de Chréa totalise une longueur de chevelu hydrographique évaluée à 657 km linéaire, soit une densité hydrographique de 24,71 ml/ha. Il contribue de la sorte au ressourcement continu de la nappe phréatique de la plaine de la Mitidja à son aval, avec près de 01 milliard de m^3 par an, et à l'alimentation en eau potable des agglomérations situées dans la zone de contact et dans la zone de plaine (Sahli, 2016).

La position géographique du Parc présente, une potentialité hydrique importante (PNC, 2010). C'est une zone très arrosée: 1000 mm de précipitations sur les sommets et les zones d'altitude du versant nord, et autour de 900 mm pour la majorité des stations. La composante hydrographique de ce territoire est divisée en deux grandes parties appartenant aux deux bassins versants des Oueds El Harrach et Mazafran.

- À l'Est le bassin versant de l'Oued El Harrach s'étendant sur 12 450 ha,
- À l'Ouest le bassin versant de l'Oued Mazafran s'étendant sur 14 137 ha.

Les eaux du parc liées au bassin versant de l'Oued El Harrach sont principalement drainées par Oued Maktaa et Oued Boumaâne (constitue la limite sud-est du parc). Les eaux déversées par l'Oued Chiffa dans l'Oued Mazafran, forment une plus grande étendue et regroupent plusieurs zones (PNC, 2005).

- **La zone Nord**: Drainée essentiellement par Oued El Kébir qui se déverse dans l'Oued Chiffa.
- **La zone Sud:** Les eaux situées à l'Est de l'Oued Chiffa constituent l'origine de l'Oued El-Merdja.
- **La zone de l'extrême Ouest:** Une grande partie de ses eaux proviennent en grande majorité du massif de Mouzaia, à travers Oued El Kébir, Oued Sidi Bou Abdellah, et Oued El Harrach

II.2.3. Richesse biologique

Le Parc National de Chréa est bio-géographiquement un lieu ou Co-évaluent deux ambiances climatiques engendrant, l'une sous l'influence maritime et l'autre sous l'influence présaharienne, une distribution végétative très diversifiée répartie dans l'espace du parc selon une zonation altitudinale. Aussi cette végétation est à la base de la répartition d'une diversité animale (PNC, 2000).

II.2.3. 1. Flore

Le Parc National de Chréa renferme un tapis végétal couvrant prés de **22 673** de son territoire soit un taux de boisement de **85%**. Le reste représente les terrains dénudés occupés par l'homme, par l'agriculture et ayant été irréversiblement érodé (Dahel, 2015; PNC, 2010). Il est composé principalement de 02 strates (Tableau II.2):

- **Arborescente;** concerne toutes les zones où la végétation est à strate arborée et dont le couvert est fermé ou semi fermé. Elle renferme des formations végétales à potentiel forestier et économique. Elle concerne **5 400 ha**, soit **20.31%** de la superficie totale du Parc. Cette

strate comporte: **12.58%** de formations à base de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), réparties en général sur les reliefs septentrionaux du Parc National et 4.86% de formation de Cèdre (*Cedrus atlantica*) se trouvant sur les crêtes centrales des monts de Chréa (Dahel, 2015; PNC, 2010).

- **Arbustive;** cette strate se couvre sur **17 274 ha** soit 65% de la superficie totale du Parc. Elle concerne les zones à végétation arbustive se présentant dans sa majorité en maquis. Elle se compose essentiellement de Lentisque (*Pistacia lentiscus*), de Chêne Vert (*Quercus ilex*), de Bruyère (*Erica arborea*), de Calycotome (*Calycotome spinosa*), et d'Arbousier (*Crataegus monogyna*). Le maquis abrite un sous-bois parfois dense, constitué essentiellement de Cytise (*Cytisus triflorus*) de Diss (*Ampelodesma mauritanica*) de Daphné (*Daphne gnidium*) et de filaire (*Phyllerea media*) (PNC, 2010, Dahel, 2015).

Les inventaires réalisés à ce jour ont révélé l'existence d'un patrimoine floristique évalué à 950 taxons de rang d'espèces et de sous-espèces. Ce qui représente 34,52% de la richesse floristique nationale. Ils évoluent dans de différentes formations végétales qui représentent pour eux les habitats vitaux nécessaires à leur subsistance harmonieuse : 878 espèces sont des végétaux autotrophes appartenant à 90 familles botaniques (72% des proportions nationales) et plus de 350 genres botaniques. Parmi ces espèces on en dénombre de nombreuses espèces rares, très rares et rarissimes (*Crupina vulgaris*). D'autres sont endémiques à l'Afrique du nord (*Cedrus atlantica*), à l'Algérie (*Origanum floribundum*). Parmi ces espèces figurent également 174 plantes médicinales, 72 espèces de champignons et 15 espèces protégées en Algérie (par décret). De nombreuses espèces introduites (Pin noir, Pin de Canarie, Sapin de Numidie,…) caractérisent aussi la collection végétale du Parc national de Chréa (PNC, 2010; Dahel, 2015).

Tableau II.2. Occupation du sol au niveau du Parc National de Chréa.

Occupation	Nature	Surface (ha)	Taux (%)
Strate Arborescente	Cèdre	1292,95	4,86%
	Chêne vert	172,80	0,60%
	Pin d'Alep	3345,02	12,58%
	Maquis arboré (à PA)	588.85	2.21%
Total		**5399,62**	**20,31%**
Strate arbustive et herbacée	Maquis	16958,18	63,78%
	Reboisements (à PA et CV)	218,85	0,80%
	Pelouse	96,75	0,30%
Total		**17273.78**	**64.97%**
Terrains Dénudés	Terrains nus	2787,72	10,49%
	Terrains rocheux	91,10	0,30%
	Terrain dégradé	31,90	0,10%
Total		**2910,72**	**10,95%**
Autres	Terrains cultivés	728,35	2,74%
	Habitat	192,48	0,72%
	TPF	56,35	0,10%
	Lacs	26,10	0,92%
Total		**1003,28**	**3,77%**
Total général		**26 .587**	**100%**

- **Les terrains dénudés**, couvrent prés de **2 911 ha** soit 11% du Parc National de Chréa. Caractérisés par une végétation rabougrie laissant apparaître des sols partiellement nus ou des affleurements rocheux, taillés par l'érosion, empêchant toute possibilité de remontée biologique. Ils se localisent en général dans le versant Sud-est du Parc, du côté de Hammam Melouane et d'Imma Hlima (PNC, 2005).

- **Les terrains occupés**, regroupent les **1 003 ha** restant, soit 3,77% de la superficie totale du Parc. Ce sont tous les bocages et jardins vivriers, ainsi que toutes les pelouses naturelles à forte pression pastorale (PNC, 2005).

II.2.3.2. Faune

La faune du parc national de chréa se compose de 674 espèces recensées à ce jour (Mammifères:31 espèces ; Oiseaux : 123 espèces; Insectes : 470 espèces ; Myriapodes: 06 espèces ; Mollusques : 11 espèces, Reptiles : 13 espèces, Poissons : 05 espèces, Crustacés : 03 espèces, Amphibiens : 11 espèces et Annélides : 01 espèces). Elle représente 23% de la richesse faunistique nationale (PNC, 2010, Dahel, 2015).

II.2.4. Caractéristiques climatiques

Le climat du Parc est de type méditerranéen humide, à hiver pluvieux doux et étés chauds et secs où l'ambiance montagnarde domine bien la vie et les paysages. C'est un climat conditionné par l'altitude, l'exposition des versants et l'orientation des reliefs (Nord-est, Sud-est, Sud-ouest), captant toutes les influences maritimes chargées d'humidité (Sahli, 2016).

La température moyenne annuelle du Parc National de Chréa est comprise entre les isothermes 8 et 11°C, les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds. Pour ce qui est des températures moyennes mensuelles, leur minimum se situe en Janvier, tandis que le maximum a lieu généralement en mois d'Août. La station de chréa s'avère plus froids (3°C) que les autres stations du Parc. Les températures maximales moyennes, du mois le plus chaud (M), varient entre 26.3°C et 33.6°C, alors que les températures minimales moyennes du mois le plus froid (m) oscillent entre 0.4°C et 7.3°C (PNC, 2010)

Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre les isohyètes 760 et 1400 mm/an. Dans l'ensemble, les moyennes mensuelles annuelles sont plus importantes dans les stations situées sur le versant Nord-Ouest que dans les stations situées sur le versant Sud-est. Les stations les plus arrosées font face aux vents humides venant du Nord Ouest (PNC, 2010).

La neige atteint une couche moyenne de 15 a 20 cm, parfois 50 cm. Les moyennes annuelles des jours d'enneigement dans le Parc national de Chrea, atteignent la fréquence moyenne de 26 jours à Chrea, et de 20,2 jours au lac de Mouzaia (PNC, 2010). Les gelées se manifestent surtout en Septembre. Elles apparaissent en automne et disparaissent au début du printemps (fin Mars et début Avril). Le risque de gelées commence lorsque le minimum moyen tombe au dessous de 10°C. La grêle tombe durant presque toute la période allant de Décembre à Mars (Lac de Mouzaia, Hakou Ferraoun, Médéa) (PNC, 2010).

Le brouillard est relativement fréquent dans les parties hautes du Parc National qui sont souvent plongées dans les nuages. Les observations faites sur une dizaine d'années sur le col de Chrea, ont donne 104 jours/an de brouillard (PNC, 2010). Les vents prédominant sont du Nord-Ouest. Le sirocco se manifeste un à trois jours/an (PNC, 2010).

II.3. Présentation de la zone d'étude: El Hamdania

II.3.1. Localisation

Le secteur d'El Hamdania s'étend sur la partie Ouest du Parc National du Chréa à 60 km Sud-ouest d'Alger, dans une zone montagneuse et reboisée d'altitude moyenne de 1600 m, et une superficie de 8 825 ha. Il est limité par Chiffa et Bouarfa au Nord, la Wilaya de Médéa au Sud, le secteur de Chréa et Hammam Melouane à l'Est, et Ain Defla à l'Ouest (Figure II.2) (PNC, 2012).

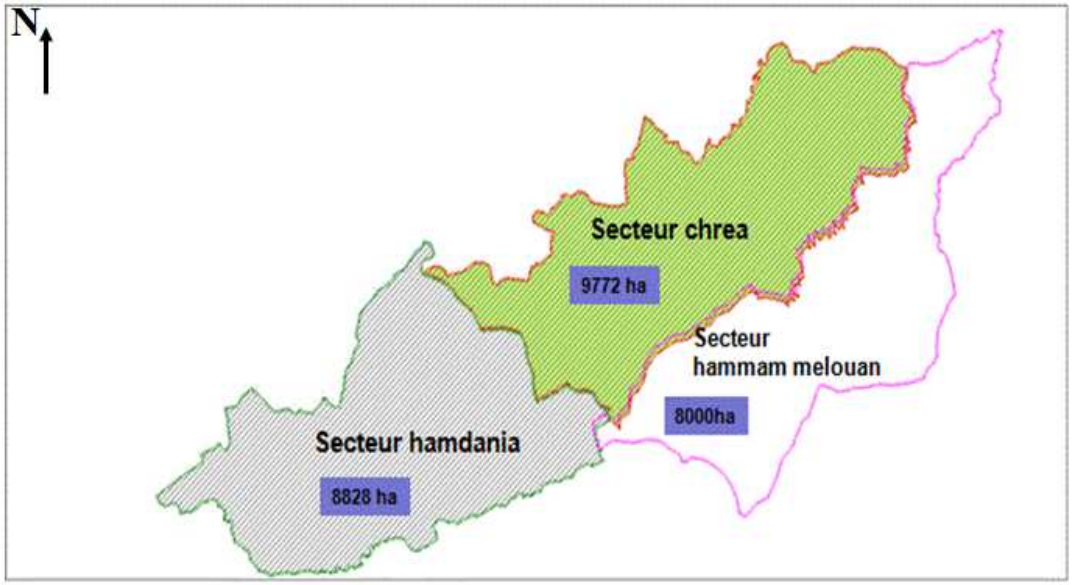


Figure II .2. Présentation des secteurs du Parc National de Chréa (PNC, 2012)
Echelle: 1/500 000

II.3.2. Synthèse climatique

II.3.2.1. Collecte des données climatiques

Les données climatiques de la région d'étude nous ont été fournies par l'Office National de Météorologie (O.N.M) de Dar El Beïda Alger. La disponibilité des données a permis l'étude de l'évolution temporelle de certains indices tels que : Le quotient pluviothermique d'Emberger Q2 et l'indice Ombrothermique.

II.3.2. 2. Diagrammes Ombrothermiques

Nous avons établi le diagramme Ombrothermique pour la zone d'étude El Hamdania pendant les années 2000-2017. Ce dernier nous permet d'estimer les éléments du climat d'une région donnée, du point de vue précipitations et températures, pendant une période donnée. Il permet également de préciser les périodes sèches et humides. La sécheresse s'établit lorsque la pluviométrie mensuelle (P) exprimée en (mm) est inférieure au double de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degré Celsius ($P \leq 2T$) (Dajoz, 1985).

Le diagramme, montre deux périodes fondamentales: l'une humide de Huit mois s'étalant de Janvier à Mai puis d'octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de quatre

mois de Juin à septembre (Figure 03). Sur le plan thermique, Les mois les plus froids sont janvier et février avec des températures moyennes minimales respectives de 4,5 °C et 4,7 °C, et une température moyenne maximale de 9,3°C et 9,6°C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures moyennes maximales respectives de 32,4°C et 32,60°C et de 22,2°C et de 21.3 °C comme température moyenne minimales (Tableau II. 03) (Figure II. 03). Les précipitations sont caractérisées par une grande variabilité en fonction des années, et aussi en fonction des mois de la même année. Les valeurs de la pluviométrie enregistrées dans cette région montrent que le maximum est noté en Janvier (P = 120,9 mm). Quant à la valeur minimale, elle est relevée en juillet
(P mm = 4,4 mm).

Tableau II.3. Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie à EL Hamdania (2000-2017)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
m (°C)	**4.5**	**4.7**	6.5	9.2	13.2	18.3	**22.2**	**21.3**	17.0	14.1	8.1	5.2
M (°C)	**9.3**	**9.6**	13.3	17.0	21.8	28.2	**32.4**	**32.6**	26.3	22.2	13.6	10.2
T. moy (°C)	6.9	7.15	9.9	13.1	17.5	23.25	27.3	26.95	21.65	18.15	10.85	7.7
P (mm)	**120.9**	105.3	86.5	59.3	44.6	11.8	4.4	10.6	36	44.9	96.1	118.1

(O.N.M, 2017)

Avec:

- **M:**Moyenne des températures maximales en degré Celsius.
- **m:** Moyenne des températures minimales en degré Celsius.
- **T.moy:**(M+m)/2: Moyenne des températures en degré Celsius.
- **P:** pluviométrie en millimètre.

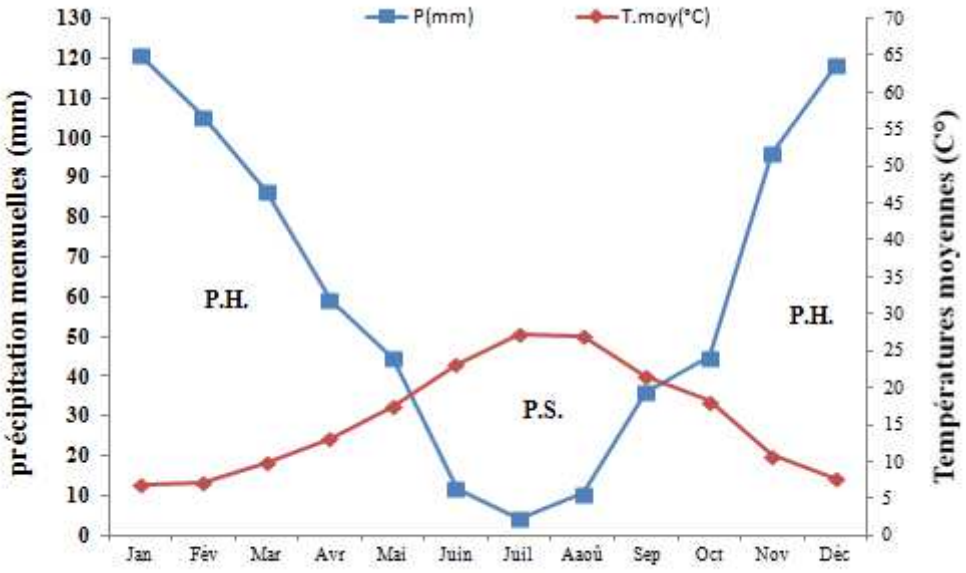


Figure II.3. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la zone d'étude EL Hamdania (2000-2017)

II.3.2. 3. Quotient pluviothermique d'EMBERGER

Pour déterminer les types de bioclimat de la région méditerranéenne, Emberger (1955) a proposé un quotient pluviothermique qui désigne le caractère xérique d'un biotope. Le quotient a été formulé au tours de deux facteurs importants sont : le total des précipitations **(P)** d'une part, et la moyenne des températures des maximas du mois le plus chaud **(M)** et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid **(m),** (M et m les deux en degré Kelvin (°K)) d'autre part. Emberger relie ces facteurs en quotient appelé quotient pluviothermique **(Q_2)** dont la formule est la suivante :

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

Avec:

- **P**: pluviométrie annuelle (mm) ;
- **M** : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud (K°);
- **m** : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid (K°).

1K=T°C+273

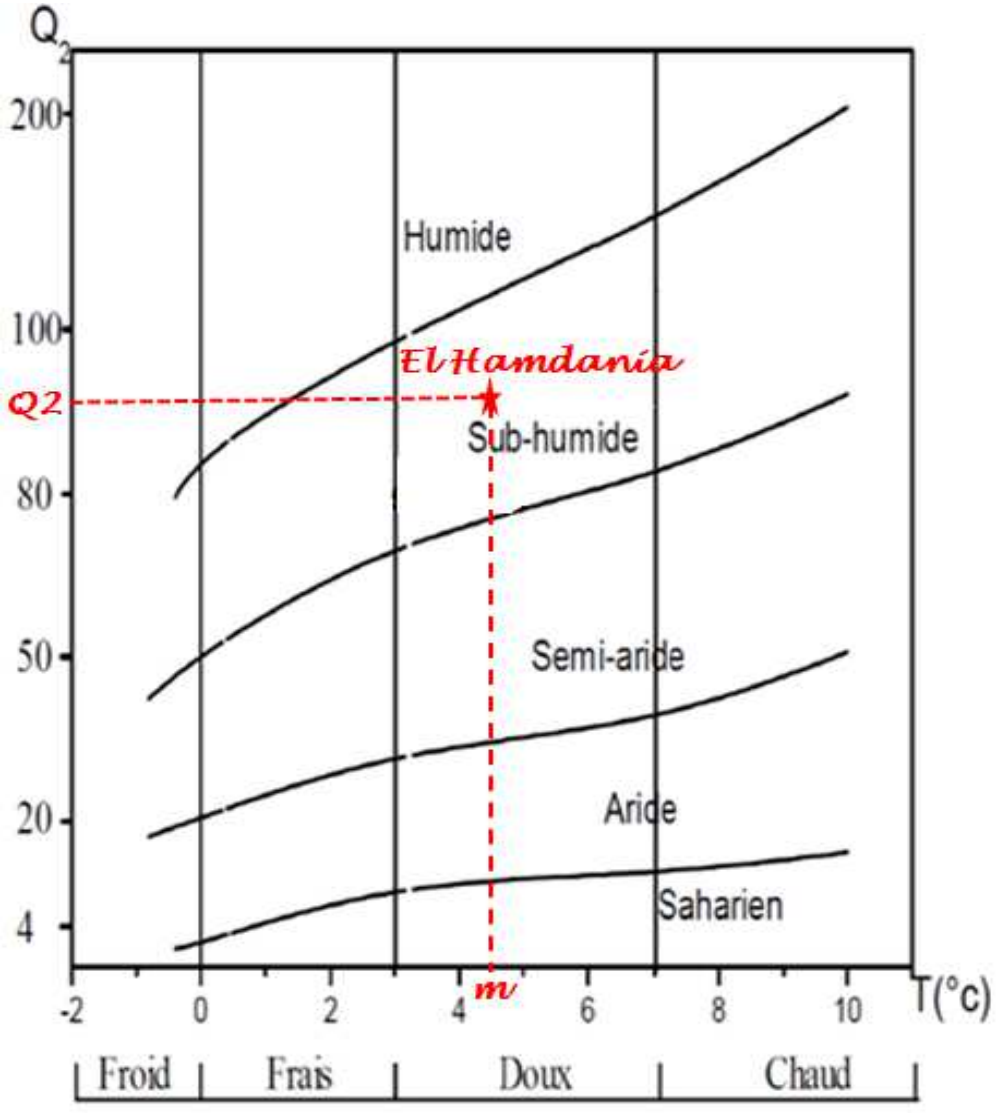


Figure II.4. Place de la zone d'étude dans le Climagramme d'Emberger

La représentation graphique (Figure II.4.), porte le «m» sur l'axe des abscisses et le $\mathbf{Q_2}$ sur l'axe des ordonnées. A l'intersection des deux valeurs correspondent les étages bioclimatiques. Avec une valeur de Q_2 égale à 90,13 et une température minimale de 4,4 °C, la station concernée est située dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux.

II.3.3. Choix des sites d'étude

L'étude a été réalisée sur trois sites différents dont le choix est basé sur plusieurs critères: l'accessibilité du terrain par la présence de routes et de pistes, la disponibilité d'eau en permanence, l'abondance de poisson ainsi en fonction de leur niveau de pollution. Ces sites ont été choisi dans le but d'étudier les différents impacts anthropique sur le statut bio-écologique de poissons (Figure II.5.).

Il est intéressant de signalé que ces sites choisi ont été proposés par le chef secteur d'El Hamdania du Parc National de Chréa. Trois sites ont été échantillonnés:

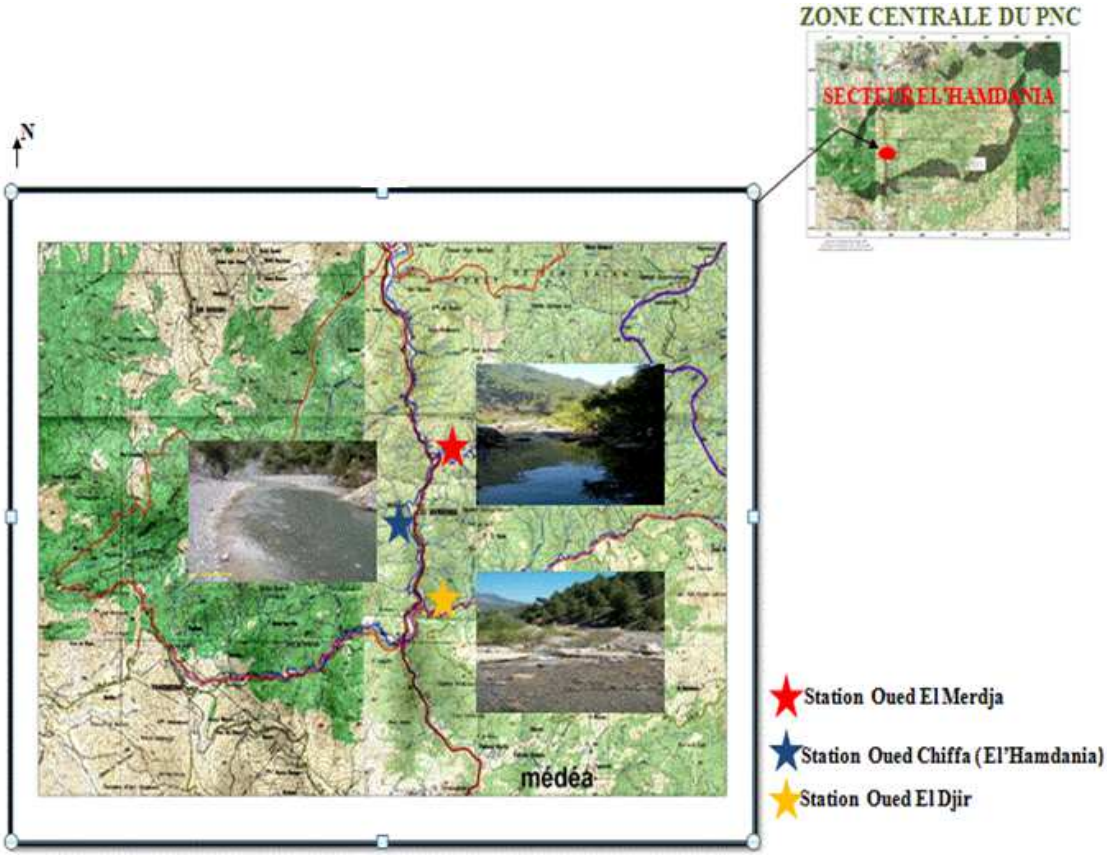


Figure II.5. Localisation des stations d'étude secteur El'Hamdania

Échelle: 1/ 50 000

II.3.3.1. Oued Chiffa

Oued Chiffa qui est le plus important par sa largeur et son débit et qui prend sa source dans les monts de Médéa et coule au fond des gorges de la Chiffa. Il prend naissance de la confluence de l'oued Mouzaia et de l'oued Sidi-Bahloul. Il longe la plaine de la Mitidja jusqu'à l'oued Mazafran pour se déverser dans la mer méditerranéenne (Abdo, 2002). L'oued Chiffa traverse de sa naissance deux vastes anticlinaux de l'Atlas Blidéen de direction Nord-

est Sud-ouest, le plus septentrionale, celui de Blida s'étend sur plus de 25 km (Figure II.6.) **(**Meddour**,** 1994).



Figure II.6. Oued Chiffa (Originale, 2018**)**

II.3.3.2. Oued El-Djir

Situé dans le sud du parc national de chréa, il est considéré comme une limite naturelle de parc, à ce côté est une rivière secondaire versant dans le oued Chiffa, il appartient à la commune d'El Hamdania. C'est une eau minéralisée (750 mg/l), elle est captée à 200m de la station de traitement Chiffa, et exploitée à raison de 2000m³/jour environ (Figure II.7.) (PNC, 2005).



Figure II.7. Oued El-Djir (Originale, 2018**)**

II.3.3.3. Oued El-Merdja

Situé dans l'ouest du parc national de chréa, se trouvant dans la région d'El'Hamdania et, s'alimentant en eau potable à hauteur de 5000 m^3 par jour la wilaya de Médéa. L'eau brute d'Oued El Merdja a des propriétés physico-chimiques d'une eau minérale (350 mg /l) c'est une eau propre qui nécessite pas de traitement chimique. Une stérilisation au

chlore est suffisante. Cette eau est captée pour être refoulée à la station de traitement Chiffa (Figure II.8.) (PNC, 2005).



Figure II.8. Oued El-Merdja (Originale, 2018**)**

II.4. Chronologie des sorties sur terrain

Notre étude s'est déroulée sur une durée de trois mois; de la mi-avril à la mi-juillet 2018 au moyen de Six sorties pour chacun des trois sites d'étude (Tableau II.4).

Tableau II.4. Chronologie des sorties de terrain

date	Type de prospection
7/05/2018	Collecte des poissons Prélèvement d'échantillons d'eau
21/05/2018	Collecte des poissons Prélèvement d'échantillons d'eau
04/06/2018	Collecte des poissons Prélèvement d'échantillons d'eau
18/06/2018	Collecte des poissons Prélèvement d'échantillons d'eau
02/07/2018	Collecte des poissons Prélèvement d'échantillons d'eau
16/07/2018	Collecte des poissons Prélèvement d'échantillons d'eau

II.5. Prélèvement des échantillons d'eau

II.5.1. Technique de prélèvement

Des échantillons d'eau ont été prélevés à différents sites d'étude pour qualifier et quantifier leur pollution. Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate, à la quelle le plus grand soin doit être apporté. Afin ce faire, il doit répondre aux plusieurs conditions:

- L'échantillon doit être homogène et représentatif;
- L'échantillon doit être recueilli, conservé et expédié dans des flacons **stérilisés**, avec un volume suffisant pour permettre une analyse précise;
- Tous les renseignements doivent être motionnés sur le flacon pour éviter tous types d'erreurs (date, heurs, site,……..).

Les échantillons d'eau nécessaires à l'analyse physico-chimique ont été prélevés selon la méthode décrite par (Rodier et al. 2009 *in* Ayad., 2017). Le prélèvement de l'eau doit se faire au milieu du lit de l'oued en plein courant à une profondeur d'environ 50 cm. Au moment du prélèvement, on ouvre le flacon stérile et on l'introduit dans l'oued, ensuite on retire le flacon rempli complètement d'eau. Le flacon est refermé dans les conditions aseptiques requises jusqu'au moment de l'analyse. Sur chaque site d'échantillonnage, environ 2000 ml d'eau est prélevée. Après le prélèvement, le flacon doit être lisiblement étiqueté et envoyé sans retard dans des glacières jusqu'au laboratoire. Il importe donc de procéder à l'analyse le plus rapidement possible après le prélèvement. Dans la présente étude, nous avons effectué au total 06 échantillons d'eau pour l'analyse physico-chimique.

II.5.2. Méthodes de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau

Afin de donner un aperçu général sur la qualité physicochimique de l'eau nous avons mesuré plusieurs paramètres à savoir: la température, le pH, la turbidité, la conductivité, la salinité, l'ammonium NH^{4+}, le nitrates No^{3-}, le nitrite No^{2-} , le phosphate $Po^{-3}{}_4$, Taux des Solides dissous TDS, Calcium Ca^{+2}, magnésium Mg^{+2}, chlorure Cl^-, sodium Na^+ , le potassium K^+, le Manganèse Mn^{2+}, le Bicarbonates $HCO3^-$, le Fer Fe^{3+} et le sulfates $So^{-2}{}_4$).

II.5.2. 1.Caractéristiques physiques

II.5.2. 1.1. Température

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure. L'unité de la température est exprimée en °C.

- **Mode opératoire:** Rincer le thermomètre dans l'échantillon et laisser l'appareil se stabiliser puis noter la valeur de la température (Maouche, 2013).

II.5.2. 1.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est relié à la teneur en ions H+ et aussi à l'acidité et l'alcalinité de l'échantillon. La détermination électrométrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCI saturé) plongeant

dans une même solution. Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution. Le pH-mètre est l'appareil le plus utilisé pour la mesure du pH (voir annexe) (Maouche, 2013).

- **Mode opératoire:** (Maouche, 2013)

o Allumer le pH-mètre, laisser le se stabiliser pendant quelques minutes, installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil, et;
o Etalonner l'appareil à l'aide d'une solution tampon, puis rincer l'électrode avec de l'eau distillée et avec l'eau à analyser;
o Plonger l'électrode dans l'eau à analyser, attendre quelques minutes pour la stabilisation de la mesure et lire la valeur de pH;
o Pour la prise de la mesure, rincez d'abord l'électrode dans une solution neutre puis plongez-la dans l'échantillon à tester.

II.5.2. 1.3. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm2 de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) ou (µS/cm). La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau. En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation (voir annexe) (Al-Qawati, et *al*., 2015; Belghiti, et *al*., 2013).

- **Mode opératoire:** (Maouche, 2013)

o Rincer la verrerie avant usage avec de l'eau distillée;
o Plonger la cellule à conductivité dans l'eau à analyser;
o Faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
o Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Les résultats final est donné directement en µS/cm

II.5.2.1.4. Salinité et Taux des Solides dissous (TDS)

Les mesures effectuées à l'aide **Conductimètre** les valeurs exprimées en mg/l. Il faut notre que la Salinité = Conductivité /0.66, tandis que le taux des Solides dissous= Conductivité ×0.64 (ALGERIENNE DES EAUX) (Maouche, 2013).

II.5.2.1.5. Turbidité

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, micro-flocs …). Celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. L'appareil employé **Turbidimètre** fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm comme recommandé dans la méthode **ISO 7027** et ce, afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière. La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute (voir annexe).

- **Mode opératoire:** (Maouche, 2013)

o Remplir une cuvette de mesure propre avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air ;
o Essuyer la cuvette avec du papier hygiénique pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts;
o Effectuer rapidement la mesure. Les résultats sont exprimés en NTU (Nephelometric Turbidity Units) (Maouche, 2013).

II.5.2. 2.Caractéristiques chimiques

II.5.2.2.1. Dosage de l'ammonium NH_4^+

Mesurage spectrométrique du compose bleu Former par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium Na2 [Fe(CN) 5NO]. Les ions hypochlorite sont généreux in situ par hydrolyse alcaline du sel de Sodium du dichloroisocyanurate de sodium (Maouche, 2013).

- **Mode opératoire:** (Maouche, 2013)

o Prélever 40 ml d'échantillon à analyse, ajoute dans l'ordre :
o 4 ml du réactif coloré homogénéisé ;
o 4 ml du réactif de dichoroisocyanurate de sodium;
o Après une heure au minimum d'incubation, l'apparition de la couleur verte montre la présence de l'ammonium ;

Les mesures au spectrophotomètre sont réalisées à une longueur d'onde de 665 nm. (Maouche, 2013).

II.5.2.2.2. Dosage des nitrates No_3^-

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Mode opératoire**: (Maouche, 2013)

o Introduire 10ml d'eau à analyser
o Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30%;
o Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 %;
o Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C ;
o Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré;
o Laisser reposer 10 minutes;
o Ajouter 15 ml d'eau distillée;
o Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium;

Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm. Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates (Maouche, 2013).

II.5.2.2.3. Dosage des nitrites No_2^-

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotropique pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrites présents.

- **Mode opératoire** : (Maouche, 2013)

o Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire à l'aide d'une pipette, les volumes de la solution étalon fille de nitrites 1 mg/l, ajouter de l'eau distillée au contenu de chaque fiole, ajouter ensuite 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 mn;

o L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-. Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm). Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites (Maouche, 2013).

II.5.2.2.4. Dosage du phosphate ($Po^{-3}{}_4$)

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

- **Mode opératoire :** (Maouche, 2013)

o Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml;

o Compléter le volume par l'eau distillée;

o Après un laps de temps compris entre 10 à 30 min, mesurer l'absorption à 880 nm. Les résultats sont affichés directement par le spectromètre.

II.5.2.2.5. Dosage du Calcium (Ca^{+2})

Cette méthode d'essai a pour objet la détermination du dosage de calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA.

- **Mode opératoire**

Selon Maouche (2013), le dosage est effectué selon la norme ISO 6058. Dans une éprouvette graduée on a mis 10 ml de l'échantillon à analyser puis on complété le volume jusqu'à 50 ml avec l'eau distillé. 2ml de la solution de soude (2N) sont ajouté pour ajuster le PH entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du tirage, L'EDTA réagit avec des ions calcium et l'indicateur vire alors on peut remarquer le virage de couleur Rose vers la couleur violette.

II.5.2.2.6. Dosage du magnésium Mg^{+2}

Le titrage molaire des ions magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions magnésium, est utilisé comme indicateur. La teneur en magnésium est calculée par la formule suivante (Maouche, 2013):

$$[Mg^{+2}] = TH - [Ca^{+2}]$$

II.5.2.2.7. Dosage des ions chlorure (Cl^-)

Les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5, afin de permettre la précipitation. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte brune- rouge caractéristique du chromate d'argent.

- **Mode opératoire**

Dans un bécher, prélève 10 ml d'eau à analyser et 40 ml d'eau distille, puis on ajoute 1 ml de chromate de potassium K2CrO4 puis on titre avec le nitrate d'argent AgN03 jusqu'au virage au rouge brique (Maouche, 2013).

II.5.2.2. 8. Dosage du sodium Na^+ et le potassium K^+

Le sodium et le potassium sont dosés par photométrie d'émission de flamme. A l'aide de cet appareil, une gamme de solutions file étalons en sodium et en potassium sont d'abord réalisé à partir de solutions mères à des concentrations bien déterminés. Le passage des échantillons sur le spectrophotomètre se fait par un petit tube. Les concentrations massiques en sodium et en potassium des eaux a analysées sont déterminées avec ses unités de mesures puis on fait l'enregistrement sur l'appareil (Maouche, 2013).

II.5.2.2.9. Dosage du Manganèse Mn^{2+}

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de periodate de potassium en milieu acide. Le permanganate ainsi formé est dosé spectrométriquement. Verser dans un bécher 100 ml d'eau à analyser qui doit contenir entre 5 et100 µg de manganèse. Diluer si nécessaire. Traiter ensuite l'échantillon comme indiqué pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 525 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage (Maouche, 2013)

II.5.2.2.10. Dosage de Bicarbonates HCO3-

Le dosage des bicarbonates est effectué en utilisant l'indicateur de méthyle orange quand le pH est inférieur de 8 et le phénol phtaléine qu'au pH supérieure de 8.

- **Mode opératoire** (Maouche, 2013):

- On prend 100 ml, d'eau à analyser;
- On ajoute quelques gouttes de méthyle orange;
- On titre avec l'acide sulfurique.

II.5.2.2.11. Dosage du Fer Fe^{3+}

La méthode est applicable pour la détermination de concentrations en fer comprises entre 0.01 et 5 mg/l, pour les eaux potables et en voie de potabilité. Addition d'une solution de phénantroline-1.10 a une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe fer II- phénantroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

- **Mode opératoire** (Maouche, 2013):

o 50 ml de l'eau à analyser sont transvasés dans une fiole de 100 ml.
o 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine est ajouté tout en mélangeant soigneusement.
o 2 ml du tampon acétate sont additionnés pour obtenir un pH de préférence égale à 4,5.
o Enfin, 2 ml de la solution phénantroline sont ajoutés. une conservation à l'obscurité pendant 15 min est recommandée. L'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre UV à 510 nm.

II.5.2.17. Dosage des sulfates SO_4

Cette méthode de dosage s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface.
Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :

$$BaCl_2 + SO_4^{-2} \leftrightarrow BaSO_4 + 2CL^-$$

- **Mode opératoire** (Maouche, 2013):

o 20 ml de l'échantillon sont dilués dans 100 ml d'eau distillé.
o 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum sont ajoutés, après une agitation d'une minute environ, la présence de la turbidité indique la présence des sulfate implique une lecture au spectrophotomètre à 420 nm.

II.6. Méthodes et techniques d'étude des Poissons

II.6.1. Modèle biologique choisi

o Le matériel biologique animal destiné à l'évaluation de l'état de l'écosystème aquatiques de Parc Nationale de Chréa secteur d'El Hamdania, c'est limité aux différents individus de barbeau *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Cypriniformes: Cyprinidés).

II.6.2. Techniques de pêches utilisées

Les échantillons de poissons sont récoltés deux fois par mois sur une période de trois mois allant de la mi-avril à la mi-juillet 2018. La pêche des poissons est effectuée par l'utilisation d'engins de pêche efficaces (filet fauchoir / filet de pêche traditionnel « longueur 2 m, hauteur 1.5 m, maille 2 mm») (Figure II.9.). Les spécimens ont été collectes entre 0.5 à 1m de profondeur. Les poissons ont été récupérés dans une glacière et ramenés pour être examinés au laboratoire.

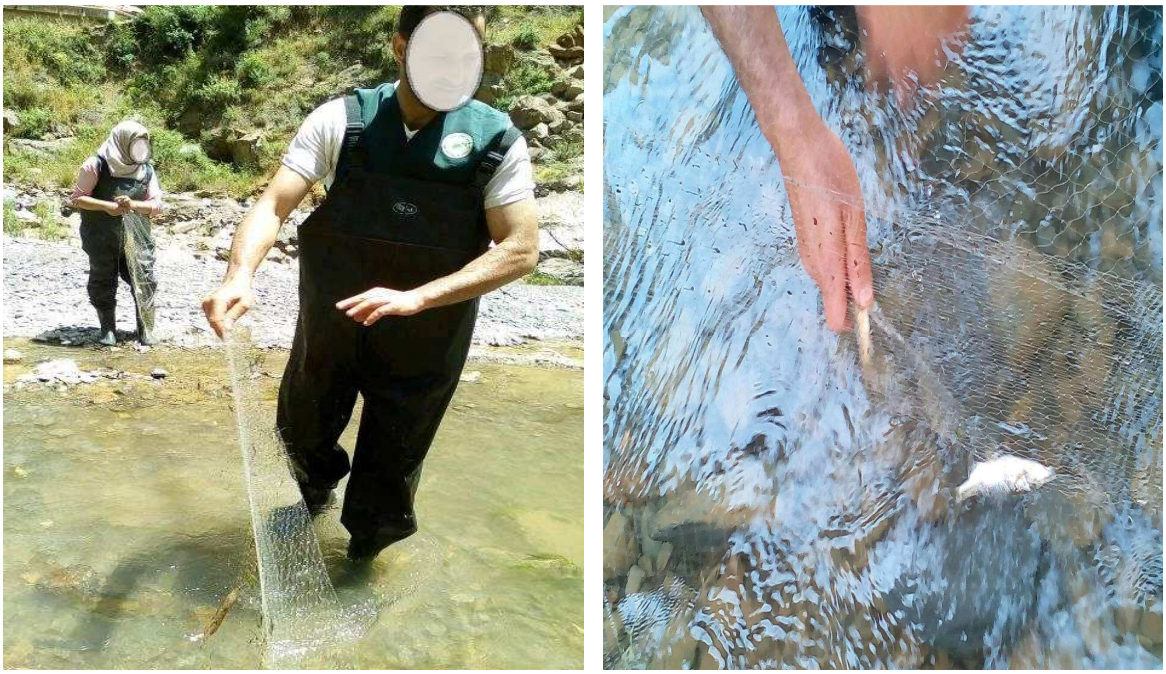


Figure II. 9. Technique d'échantillonnage utilisée (Originale, 2018**)**

II.6. 3.Méthodes d'étude des paramètres bioécologiques du peuplement de poissons

L'étude expérimentale de poissons a été menée au niveau du laboratoire de la faculté des sciences université Dr YAHIA FARES Médéa.

II.6. 3.1. Etude des mensurations des poissons (Longueurs et poids)

L'analyse biométrique a été faite pour tous les spécimens. La longueur des poissons fut mesurée en millimètre à l'aide d'un double décimètre de l'extrémité de la bouche à la fin du pédoncule caudal (Lt) et de l'extrémité de la bouche à la fin du corps (Ls) (Figure II.10).

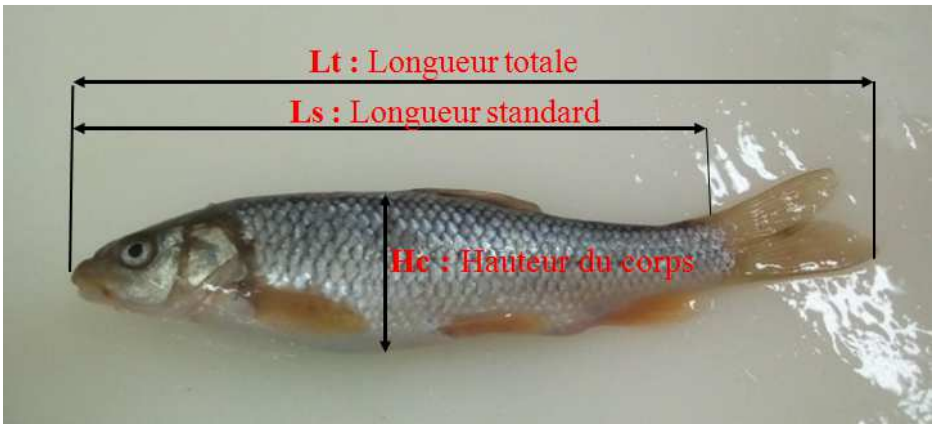


Figure II. 10. Principales mensurations effectuées sur les individus de barbeau *Barbus callensis* (Originale, 2018**)**

Pour les Mensurations pondérales, le poids total Wt, le poids du foie Wh et le poids des gonades Wg sont effectués par une balance de précision.

Le foie de chaque individus est pesé et déposer dans des tubes d'Eppendorf de 1,5 ml, puis conservé à -20°C pour un éventuel dosage des réserves énergétiques (Figure II.11).



Figure. II.11. Récupération du foie dans les tubes Eppendorf (Originale, 2018**)**

II.6. 3.2. Mesures et détermination de paramètres de la reproduction

II.6. 3.2. 1. Dimorphisme sexuel

La détermination du sexe se fait par observation directe des gonades après l'ouverture de la cavité abdominale depuis l'orifice ano-urogénital, jusqu'a la ceinture scapulaire. Ces gonades se présentent sous forme de deux lobes allongés suspendus contre la paroi abdominale. Chez les individus matures, les gonades sont différenciables même à l'œil nu, les mâles ont une paire des testicules lisses et blanchâtres (Figure II.12.b), alors que les femelles ont une paire des ovaires granuleuses avec une coloration variant du jaune pale à l'orange en période de reproduction (Figure II.12.a).

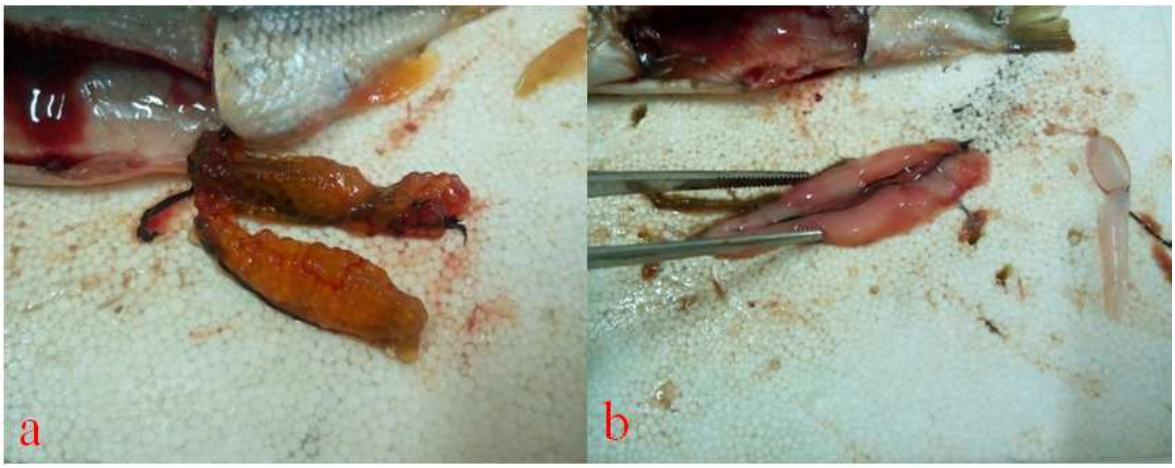


Figure. II. 12. Gonade mâle et Gonade femelle du *Barbus callensis* (Originale, 2018**)**

a: Gonade femelle du *barbeau* Une paire d'ovaires, granuleuses et une coloration variant du jaune pâle à l'orange; **b** : Gonade mâle du barbeau Une paire de testicule male lisses et blanchâtres

II.6. 3.2. 1. Estimation du nombre d'œufs par ovaire

Afin d'estimer le nombre d'œufs trouvés chez les femelles matures, nous avons réalisé un dénombrement des ovocytes sous microscope après dilacération de la trame conjonctive. Pour chacun des ovaires examinés, nous avons compté le nombre d'ovocytes contenus dans une portion de l'ovaire (pesé au préalable) et le nombre d'œufs total de l'ovaire entier est déduit par extrapolation par rapport au poids total de l'ovaire (Figure II.13.) (Toumi, 2010).



Figure. II.13. Détermination de nombre d'œufs (Originale, 2018**)**

II.6.4. Exploitation des données

II.6.4.1.Croissance relative (relation taille-poids)

Cette équation permet de vérifier l'existence d'une corrélation liant le poids à la taille. En règle générale, l'évolution du poids (W) en fonction de la taille (L) est décrite par une fonction puissance de la forme:

$$\boldsymbol{W = aL^b}$$

- W : poids du poisson en grammes (g).
- L : longueur du poisson en centimètres (cm).
- a : constante, b : coefficient d'allométrie.

Par une transformation Logarithmique, l'équation linéaire se présente sous la forme suivante:

$$\boldsymbol{Log\ Wt = b\ Log\ Lt + Log\ a}$$

Le taux d'allométrie b varie de 2 à 4, mais il est le plus souvent proche de 3 (Bouriga et *al.*, 2010).

- *Si b* = 3 il y a isométrie de croissance (et la densité spécifique de l'animal ne change pas).
- *Si b*>3, l'allométrie est majorante, le poisson grossit plus vite qu'il ne grandit.
- Si *b*<3, l'allométrie est minorante, le poisson grandit plus vite qu'il ne grossit.

II.6.4.2. Sex-ratio

La sex-ratio traduit le taux de masculinité ou de féminité de la population considérée. Il est défini comme étant la proportion des individus mâles ou femelles par rapport à l'effectif total et donne une idée sur l'équilibre des sexes à l'intérieur de la population (Bouriga et *al*., 2010).

Dans cette étude nous avons adopté la définition de la sex-ratio comme étant le taux des mâles dans la population, appelé parfois taux de masculinité (Kara, 1997):

$$Sex - ratio = \frac{Nombre\ de\ mâles}{Nombre\ totale} \times 100$$

Ou

$$Taux\ de\ masculinité = \frac{Nombre\ de\ mâles}{Nombre\ de\ mâles + nombre\ de\ femelles} \times 100$$

$$Taux\ de\ féminité = \frac{Nombre\ de\ femelles}{Nombre\ de\ mâles + nombre\ de\ femelles} \times \mathbf{100}$$

II.6.4.3.Fécondité

La fécondité absolue (Fa), définie comme le nombre d'ovocytes mûrs présents dans l'ovaire immédiatement avant la ponte (Ouattara et *al*., 2015).

La fécondité relative (Fr): Indique le nombre d'ovocytes mûrs chez une femelle par rapport au poids total de cette femelle (Toumi, 2010 ; Ouattara et *al.*, 2015).

$$Fa = \frac{Nombre\ d'oeufs\ dans\ l'ovaire}{poids\ total\ de\ la\ femelle}$$

II.6.4.4.Cycle sexuel et période de ponte

Le rapport gonado-somatique ou R.G .S est défini par BOUGIS (1952 *in* Toumi, 2010) comme étant égal à cent fois le poids des gonades divisé par le poids du corps éviscéré. Il exprime le poids des gonades en pourcentage du poids du corps selon la formule suivante :

$$RGS = \frac{poids\ de\ la\ gonade}{poids\ du\ corps\ éviscéré} \times 100$$

II.7. Mode d'extraction et de dosage des réserves énergétiques

II.7.1.Extraction et dosage des lipides

A partir des foies de poissons échantillonnés, nous avons quantifié les biomarqueurs lipidiques. L'extraction des lipides a été réalisée selon la méthode de VAN BRUMMELEN & SUIJFZAND (1993):

Les lipides étant les macromolécules les plus hydrophobes (caractéristique chimique unique des lipides), ils peuvent être extraits sélectivement au moyen de solvants organiques. Un mélange monophasique 1 : 2 : 0,8 (chloroforme : méthanol : eau bidistillée) est versé dans les tubes contenant le foie de poisson et est utilisé comme solution d'extraction.

Les tubes sont ensuite mis à centrifuger pendant 5 minutes à (14000 tours/min) pour agiter le tout, puis on rajoute du chloroforme dans chaque tube, ce qui induit la séparation du mélange en deux phases. L'opération de séparation des lipides est répétée à nouveau deux fois avec du chloroforme et ces solutions de chloroforme contenant les lipides sont récupérées et mises en commun, puis séchées sur sulfate de sodium. Les lipides sont récupérés après rinçage du sulfate de sodium avec du chloroforme. Chaque tube en verre est alors mis à évaporer à sec sous flux d'azote. On rajoute ensuite de l'acide sulfurique dans chaque tube que l'on met à chauffer pendant 10min à 100°C. On laisse refroidir les échantillons jusqu'à ce qu'ils atteignent la température ambiante, et on rajoute la réactive vanilline dans chaque échantillon. La solution prend alors une couleur rose, et on lit la densité optique à 540nm au bout de 10 minutes.

Un blanc est effectué avec de l'acide sulfurique que l'on fait chauffer et auquel on rajoute la réactive vanilline (Tableau II.5).

Tableau II.5. Détermination de la courbe standard de cholestérol

Solution mère (ml)	µg de cholestérol dans le volume pris et mis dans le tube en verre	→ Pour chaque tube : Evaporation du chloroforme sous flux d'azote Puis adjonction de 300 µl d'H_2SO_4 Puis chauffage 10 min à 100°C Puis ajouter 2.5 ml de vanilline Puis lire la D. O. à 540 nm au bout de 10min	Concentration du cholestérol (µg/ml) dans la solution final de 2.8 ml (contenant l'acide sulfurique et la réactive vanilline)
5.6	280		100
2.8	140		50
1.4	70		25
0.7	35		12.5
0.35	17.5		6.25
0.175	8.75		3.125

II.7.2.Extraction et dosage des sucres

Pour l'extraction et la quantification des réserves glucidiques, nous avons eu recours à la méthode de Win Decoen (2000). Selon les études, l'extraction des sucres chez les poissons se font généralement à partir du foie.

Les échantillons sont homogénéisés dans de l'eau bidistillée avec un broyeur puis de l'acide trichloroacétique (T.C.A. 15%) est ajouté afin de faire précipiter les protéines. La précipitation est facilitée par une centrifugation pendant 10 minutes à 3000rpm à 4°C. Le surnageant contenant les sucres est récupéré dans un autre tube eppendorf et le culot est redissous dans une solution de T.C.A. 5%; les échantillons sont à nouveau centrifugés pour précipiter les protéines restantes, et le surnageant en résultant est ajouté au surnageant précédent. 250 µl de solution contenant les surnageants sont versés dans un tube eppendorf; auquel sont ajoutés rapidement 250µl de phénol 5% et 1 ml de $H_2 SO_4$. Le mélange est déposé dans un puits d'une microplaque à la lumière et la température ambiante. L'adsorption des échantillons est mesurée après 30 minutes à 490 nm. On procède de la même manière pour le blanc.

Les densités optiques ainsi obtenues permettent ensuite de calculer la concentration initiale de sucres contenus dans les échantillons au moyen d'une courbe standard effectuée avec du glucose à des concentrations connues (0,5mg/ml -5mg de glucose dans 10ml d'eau distillée-, effectuer une série de dilutions afin d'obtenir les concentrations suivantes de glucose : 0.5, 0.25, 0.12, 0.062, 0.031, 0.016 et 0.0078 mg/ml).

II.8. Analyses statistiques

Pour étudier les différents paramètres qui caractérisent les descripteurs biotiques et abiotiques étudiés dans les différentes échantillons, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tel que la moyenne, les valeurs minimales, maximales et la médiane qui donnent une idée sur l'étendue des données, et enfin l'effectif qui nous renseigne sur l'importance des données traitées. Il intéressant de signaler que, l'ensemble des tentatives ont été répétés au minimum trois fois. Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes ont été réalisés par le logiciel Microsoft Excel.

Les comparaisons des moyennes été réalisées par analyses de la variance (one Way-ANOVA) et à l'aide du test F pour les variables suivant la loi normale. Parmi les variables participant le plus souvent à la variance totale, celles dont la contribution est significative au seuil de 0,05 ont été retenues. Dans les cas ou plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.) (SYSTAT vers. 12).

La description statistique des tendances de la variation spatiale des croissances et du trait de vie biochimique ont été établies par une présentation en BoxPlot (PAST vers. 1.37).

Pour mettre en évidence une quelconque relation entre les variables mesurées sur les individus, nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de Pearson. Lorsque 2 variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient r de Pearson et en conditions non paramétriques, du coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de

régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif (PAST vers. 1.37, Hammer *et al.*, 2001).

Chapitre III

RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Les paramètres physico-chimiques

III.1.1. Paramètres physiques

Les résultats (moyenne ± écart type, teneurs minimales et maximales) des paramètres physiques sont présentés dans le tableau III.1, et illustrés par les figures III.1 à III.6.

Tableau. III.1. Résultats des analyses des paramètres physiques pour les différents sites d'étude

Site / Paramètre Physique		O. Chiffa	O. EL-Merdja	O. EL-Djir	Test Anova	**Norme**
Température (C°)	**Min**	21,36	21,28	22,5	p=0.753^{Ns}; p>5%	**25**
	Max	23,11	23,5	23,7		
	Moy±E.S.	22,49±0,56	22,62±0,68	23,06±0,34		
PH	**Min**	5	5	6,12	p=0.450 ^{Ns}; p>5%	**6.5 - 8.5**
	Max	6,22	6,29	6,42		
	Moy±E.S.	5,73±0,37	5,72±0,38	6,24±0,089		
Turbidité (NTU)	**Min**	0,325	0,452	0,322	p=0.561 ^{Ns}; p>5%	**5**
	Max	18,3	18,7	0,49		
	Moy±E.S.	7,25±1,75	6,6±1,581	0,38±0,054		
Conductivité µs/cm	**Min**	530	690	799	p=0.000*****; p<1‰**	**2800**
	Max	549	760	875		
	Moy±E.S.	542±6,02	736±23,00	844,66±23,24		
Salinité ‰	**Min**	0.00	0,1	0,1	p=0.540 ^{Ns} ; p>5%	**6.06**
	Max	0.00	0,1	0,2		
	Moy±E.S.	0.00±0.00	0,1±0.001	0,166±0,033		
Taux Solides Dissous Mg/L	**Min**	480	636	733	p=0.000*****; p<1‰**	**3697.22**
	Max	525	698	788		
	Moy±E.S.	503±13,01	676,33±20,18	768,66±17,85		

Min : Minimum ; Max : Maximum ; Moy± E.S.: moyenne± erreur standard.
Norme selon: Le journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)

- **Températures**

Dans cette d'étude, nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), à la Qualité physico-chimique de l'eau de manière à comparer entre les trois sites d'études (O. El-Merdja ; O. El-Djir; O. Chiffa). Les résultats obtenus dans cette d'étude montrent que, le degré de température ne présente pas de grandes variations d'un site à l'autre (Test ANOVA; Test G.L.M.; p>5%) (Tableau III.1.; Figure III.1.), Avec un minimum de 21.28 °C à oued El-Merdja et un maximum de 23,7 °C à oued El-Djir. Il est intéressant de signaler que, les résultats de notre analyse donnent des valeurs de température dans les normes de la réglementation algérienne (Tableau III.1).

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle varie en fonction de la température ambiante d'une part et celle de la saison d'autre part (Moussa Haidar, 2014). Autrement dit, la température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques (Dib, 2009). Selon des études, la température affecte les propriétés physiques et chimiques de l'eau; en particulier la densité, la viscosité, la solubilité de ses gaz, la dissociation des sels dissous et ayant des conséquences sur la

conductivité et le potentiel Hydrogène PH; elle influence ainsi sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (Belghiti et *al*., 2013 ; Dib, 2009). Une étude exhibe que, la température agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (Rodier et *al*. 1996 *in* Bouchemal, 2017). Les élévations de température peuvent être nuisibles pour les poissons, favoriser la mortalité de certaines espèces et le développement d'autres (Moussa Haidar, 2014). D'après Savary (2010), l'augmentation de la température a diverses conséquences tel que; la croissance bactérienne, les problèmes de saveur et de couleur. Par contre une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier et *al*., 2009 *in* Ayad, 2017).

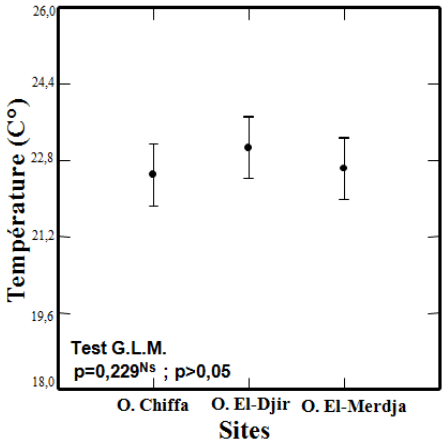


Figure III.1. Variation spatiale des valeurs moyennes de la température

- **Potentiel d'Hydrogène pH**

Les résultats étalent que, les valeurs du pH des eaux étudiées ne montrent pas de variations notables (Test ANOVA; Test G.L.M.; p>5%) (Tableau III.1 et Figure III.2), avec un minimum de 5 au niveau d'Oued Chiffa et Oued El-Merdja et un maximum de 6,42 au niveau d'oued El-Djir ce qui témoigne d'une légère acidité de la région d'étude. Ces valeurs obtenues restent inférieures à la valeur admissible par les normes algérienne recommandée (Tableau III.1).

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H+ de l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Saadali, 2007; Belghiti et *al*., 2013). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Selon Benaissa et *al* (2016), le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Le pH joue un rôle important car la solubilité de la plupart des métaux lourds baisse lorsqu'il augmente (Dean et *al*., 1972) entraînant une augmentation de la toxicité. La valeur du pH compatible avec la vie des poissons est comprise entre 6 et 9 (Rodier, 2005). Selon Pesson (1996 *in* Morsi, 2016). les valeurs du pH comprises entre 6 et 9 sont considérées comme normales pour les Cyprinidés. L'augmentation du potentiel redox provoque la diminution du pH. Un milieu oxydant est caractérisé par un pH acide, par contre un pH alcalin caractérise les milieux réducteurs. D'après Sacchi et Testard, (1971), le pH en milieu aquatique est principalement fonction de la composition chimique (brute) de la solution aqueuse et de l'activité de l'organisme dans ce milieu. C'est aussi un facteur

important dans la répartition des organismes et la respiration des organismes aquatiques (Dajoz, 2000).

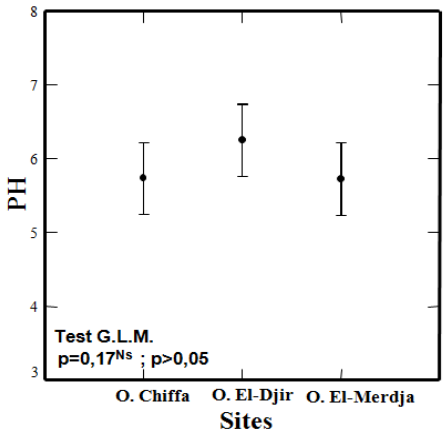


Figure III.2. Variation spatiale des valeurs moyennes de pH.

- **Turbidité**

Dans cette étude, les valeurs enregistrées par le turbidimètre varient entre 0,322 NTU à 18,7 NTU (Tableau III.1). La Figure III.3., montre clairement que la valeur de la turbidité la plus basse est enregistrée à Oued El-Djir (0,38 NTU < normes 5 NTU) comparée aux valeurs enregistrées à Oued Chiffa et à Oued El-Merdja où les valeurs sont plus élevées (7,25; 6,6 respectivement > normes 5 NTU). Les valeurs élevées pourraient être expliquées par la présence de matières en suspensions ainsi que de matières non dissoutes. La forte turbidité enregistrée au niveau d'oued Chiffa peu être due aux effets négatifs du projet l'aménagement Autoroute Nord-Sud. Autrement la suspension de la matière solide utilisé dans ce projet (sable, ciment, gravier, calcaire...) provoque une diminution de la transparence de l'eau. Tandis que, au niveau d'Oued El-Merdja la forte turbidité est due à la pénétration des déchets des restaurants et aux différents rejets urbains.

Selon Hade (2007), la turbidité est causée par la présence des matières minérales en suspension (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition) ou des matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau. L'eau constitue le solvant dans lequel plusieurs substances chimiques minérales ou organiques peuvent se dissoudre (Bouchemal, F., 2017).

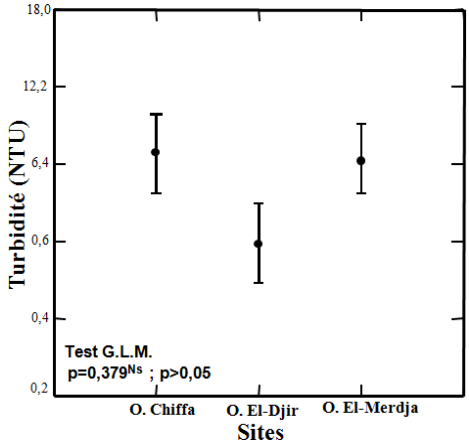


Figure III.3. Variation spatiale des valeurs moyennes de la Turbidité

- **Conductivité électrique**

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées durant la période d'étude sont varient significativement de 530 à 875 µS/cm (Test ANOVA; p=0.000; p<1‰), le minimum enregistré à Oued Chiffa et le maximum enregistré a Oued El-Djir (Tableau III.1.). Le modèle général linéaire (G.L.M.), montre une différence significative (p=0.002; p<5%) entre la conductivité électrique de différents sites (Figure III.4).

La conductivité électrique de l'eau varie en fonction de la concentration des ions (Ca2+, Na+, Cl- et HCO3) en solution et la température de cette eau elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (Saadali, 2007; Benaissa et *al*., 2016). La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation (Belghiti et *al*., 2013). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Rejsek 2002 *in* Toumi, 2010). La conductivité suit le rythme de la salinité dans les deux sites d'étude, elle comprise entre 530 à 875µS/cm.

Nous pouvons donc dire que la minéralisation de l'eau dans les trois sites est moyenne accentué à importante selon l'échelle décrit par REJSEK (2002 *in* Toumi, 2010).

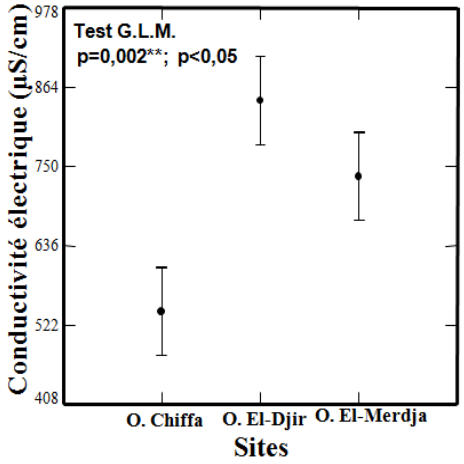


Figure III.4. Variation spatiale des valeurs moyennes de Conductivité électrique

- **Salinité**

Le degré de salinité permet de classer l'eau selon les catégories suivantes : Eau douce (< 0,5 g /l), eau douce à saumâtre (0,5 à 5 g/l), eau saumâtre à salée (18 à 30 g/l) et eau salée (> 30 g/l) (HECKER et *al*. 1996 *in* Toumi, 2010).

Les résultats obtenus étalent que, le degré de salinité reste trop bas (≤ 0.2 %) dans les trois sites d'étude comparé à la norme algérienne qu'est de 6.06 % (Tableaux III.1). Le Test G.L.M. signale une dissemblance significative (p<5%) entre le degré de salinité des trois sites, avec un degré moyennement important à oued El-Djir (Figure III.5.).

Ces résultats, nous permettons de classe les eaux de la région d'étude dans la catégorie d'eau douce.

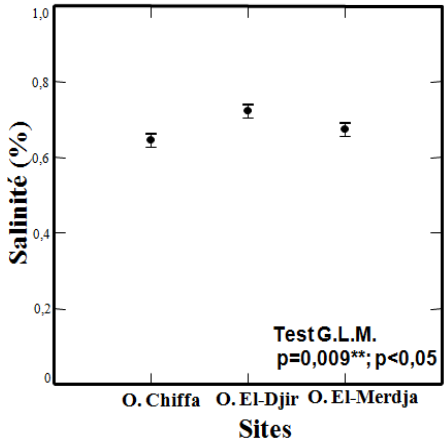


Figure III.5. Variation spatiale des valeurs moyennes de la Salinité

- **Taux des solides dissous**

Les résultats obtenus dans cette d'étude montrent que le Taux de solide dissous varie significativement d'un site à l'autre (Test ANOVA; Test G.L.M.; p<5%) (Tableau III.1.; Figure III.1.), Avec un minimum de 503 Mg/L à Oued Chiffa et un maximum de 768,66 Mg/L à oued El-Djir. Ces résultats obtenus respectent la norme Algérienne fixée pour ce paramètre à 3697.22 Mg/L.

Ce paramètre mesure la quantité d'ions organiques et inorganiques dissouts dans l'eau. Il varie suivant la salinité des eaux selon les normes suivantes: Eau douce (<1000 ppm TDS); Eau saumâtre (un peu salée) (1000 à 10000 ppm TDS); Eau salée (10000 à 30000 ppm TDS); Eau saumure (très salée) (>30000 ppm TDS). La norme pour une eau douce potable est d'une concentration <400 ppm TDS (Tfeil et *al*., 2018).

Une forte concentration de TDS indique que des polluants nuisibles comme le fer, le manganèse, le sulfate, le bromure et l'arsenic peuvent être présent dans l'eau. C'est particulièrement vrai lorsque des quantités de solides dissous sont ajoutées à l'eau comme par la pollution humaine, le déversement d'eaux usées et l'eau de ruissellement (Anonyme, 2017)**.**

Selon nos résultats, le Taux des Solides dissous dans les eaux analysées est idéale pour les eaux destinées à consommation.

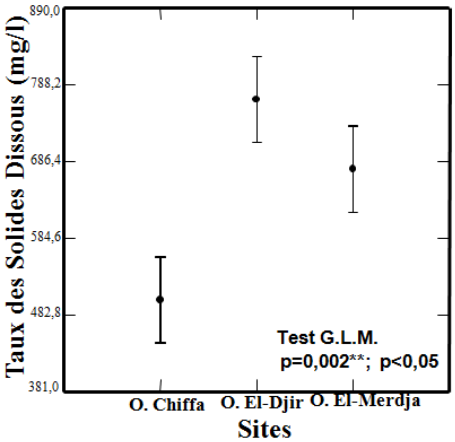


Figure III.6. Variation spatiale des valeurs moyennes de taux des solides dissous

III.1.2. Paramètres chimiques

Les résultats (moyenne ± écart type, teneurs minimales et maximales) des paramètres chimiques sont présentés dans le tableau III.2, et illustrés par les figures III.7 à III.17.

Tableau. II.2. Résultats des analyses des paramètres chimiques pour les différents sites d'étude

P. chimique \ Site		O. Chiffa	O. EL-Merdja	O. EL-Djir	Test Anova	Norme
Nitrat No^{3-} Mg/L	**Min**	0,591	0,632	0,123	**p=0.000***; p<1‰**	**50**
	Max	0,671	0,678	0,236		
	Moy±E.S.	0,632±0,02	0,66±0,014	0,197±0,037		
Nitrites No^{2-} Mg/L	**Min**	0,02	0,02	0.00	**p=0.045*; p<5%**	**0.1**
	Max	0,02	0,116	0.00		
	Moy±E.S.	0,02±0.001	0,055±0,030	0.00±0.00		
Amonium NH^{4+} Mg/L	**Min**	0,24	0,39	0,44	p=0.461 ^{Ns}; p>5%	**0.5**
	Max	0,73	2,1	0,51		
	Moy±E.S.	0,45±0,144	0,99±0,251	0,47±0,020		
Phosphate PO^{3-}_4 Mg/L	**Min**	0,1	0,4	0,1	P=0.461 ^{Ns}; p>5%	**0.5**
	Max	1,3	1.00	0,4		
	Moy±E.S.	0,53±0,384	0,733±0,176	0,266±0,088		
Calcium Ca^{+}_2 Mg/L	**Min**	88,9	93,4	79,6	**p=0.012*; p<5%**	**200**
	Max	94,6	104	86,58		
	Moy±E.S.	92,18±1700	100,2±3,40	84,16±2,28		
magnésium Mg^{+2} Mg/L	**Min**	27,31	16,23	19,89	**p=0.000***; p<1‰**	**150**
	Max	31,12	17,78	23,4		
	Moy±E.S.	29,16±1,10	17,01±0,447	21,87±1,03		
Chlorure Cl^{-} Mg/L	**Min**	22,57	23,22	19,59	**p=0.007**; p<5%**	**500**
	Max	25,02	27,23	20,22		
	Moy±E.S.	24,11±0,77	25,53±0,19	19,85±0,19		
Sodium Na^{+} Mg/L	**Min**	24	28	21	**p=0.021*; p<5%**	**200**
	Max	26	32	26		
	Moy±E.S.	25±0,57	30±1,15	24±1,52		
potassium K^{+} Mg/L	**Min**	1,9	2,8	1,9	p=0.118^{Ns}; p>5%	**20**
	Max	3,9	3,4	2,1		
	Moy±E.S.	2,9±0,57	3,2±0.2	2±0.05		
Manganèse Mn^{2+} Mg/L	**Min**	0.00	0.00	0.00	/	**0.05**
	Max					
	Moy±E.S.					
Bicarbonates HCO^{3-} Mg/L	**Min**	239	287	211	p=0.396 ^{Ns}; p>5%	/
	Max	327,16	328,8	315,1		
	Moy±E.S.	275,72±12,4	305,6±12,28	254,36±11,2		
Fer Fe^{3+} Mg/L	**Min**	0,004	0,021	0,005	p=0.111 ^{Ns}; p>5%	**0,3**
	Max	0,006	0,123	0,01		
	Moy±E.S.	0,005±0,000	0,062±0,031	0,007±0,001		
Sulfates SO^{-2}_4 Mg/L	**Min**	120	87	93	**p=0.014**; p<5%**	**200**
	Max	143	95	125		
	Moy±E.S.	135±7,50	91,33±2,33	105±4,24		

Min : Minimum ; Max : Maximum ; Moy± E.S.: moyenne± erreur standard.
Norme selon: Le journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)

- **Nitrates**

Les résultats montrent que les teneurs en nitrates enregistrées durant la période d'étude varient significativement entre 0,123 et 0,678 Mg/L (Test ANOVA; Test G.L.M. p<5%), où la valeur la plus élevée est enregistrée à oued El-Merdja (Tableau III. 2.; Figure III.7). Ces valeurs restent inférieures à la valeur admissible par les normes Algériennes (50mg/l). De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par les nitrates.

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (Samake, 2002). Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniaque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique (Fall, 2007). Selon Belghiti et *al*. (2013), les nitrates représentent la forme la plus abondante de l'azote minéral. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux, il peut varier de 1 à 15 mg/L et une concentration de 2 ou 3 mg/L peut être considérée comme normale (Fall, 2007). Le même auteur dit que l es nitrates (NO3 -) ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites. L'azote nitreux est la forme la plus toxique des formes minérales de l'azote, aussi, l'ion nitrate est la forme la plus oxygénée de l'azote (Morsi, 2016).

Les résultats de l'analyse du laboratoire en ce qui concerne les nitrates ont montré que les cours d'eau présente des taux de nitrates relativement faibles et inférieurs partout à la limite maximale retenue par la norme Algérienne. De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par les nitrates.

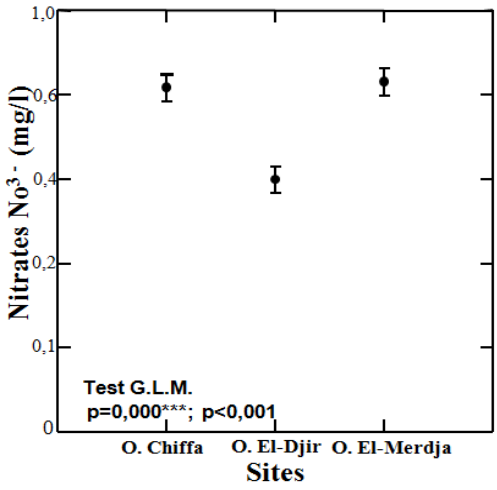


Figure III.7. Variation spatiale des valeurs moyennes des Nitrates

- **Nitrites**

D'après les résultats, nous remarquons que la teneur moyenne en Nitrite au niveau de nos points de prélèvement varie significativement (Test ANOVA, Test G.L.M ; p<5%) entre 0,00Mg/L et 0,055Mg/L, où la valeur la plus faible est enregistrée à oued El-Djir tandis que la valeur la plus élevée est enregistrée à oued El-Merdja

(Tableau III.2.; Figure III.8). Les résultats obtenues pour les échantillons analysés sont inférieurs à 0,5 mg/L, donc restent conformes aux normes de potabilité.

Les nitrites sont assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux (Belghiti et *al*., 2013). Ils sont utilisés comme indicateur de pollution. Une forte concentration en cette molécule indique une pollution d'origine organique. Les nitrites jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO3. Associés aux phosphates, les nitrates favorisent la croissance parfois exagérée de la flore aquatique, pouvant ainsi entraîner une eutrophisation des fleuves et des lacs (Moussa Haidar, 2014). Selon Coulibaly (2005), la présence de nitrite en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. Concernant ce paramètre, toutes les eaux analysées durant cette étude sont admissibles à l'utilisation.

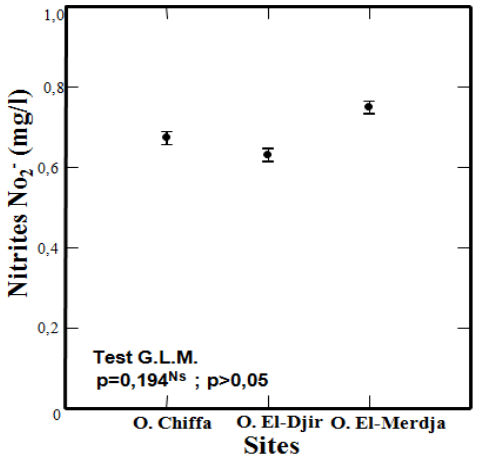


Figure III. 8. Variation spatiale des valeurs moyennes des Nitrites

- **Ammonium**

L'analyse de la variance portée sur le tableau III.2 et la figure III.9 montre une différence non significative (Test ANOVA, Test G.L.M ; p>5%) de l'ammonium entre les trois sites d'études. Les moyennes prélevées de NH_4^+ont varié entre une maximale de 0,99±0,251 enregistrée à oued El-Merdja et une minimale de l'ordre de 0,45±0,144 obtenue à oued Chiffa (Tableau III.2.; Figure III.9).

Les concentrations obtenues dépassent les valeurs limites fixées par la norme Algérienne relative à la qualité de l'eau potable (0,5 Mg/L).

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale et humaine, les rejets industriels, les engrais…L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH4+. Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (Moussa Haidar, 2014). La présence d'azote sous forme ammoniacal (Ammonium total) dans l'eau résulte du métabolisme des matières azotées par les poissons (rejet NH4 + par les branchies, l'urine et les fèces) (Philippart, 1991 *in* Morsi, 2016).

L'analyse des données a montré que les teneurs moyennes en ammonium dans les eaux des points étudiés dépassaient les normes de potabilités. Ceux-ci sont considérés comme indice de pollution.

D'après Ouhmidou et *al*. (2015), L'augmentation des teneurs en NH_4^+ est en relation avec la décomposition bactérienne des matières organiques azotées. Les concentrations d'ammonium lorsqu'elles soient présentes, peuvent affecter la qualité de l'eau et devraient faire l'objet d'une surveillance (Lytle et *al*., 2007).

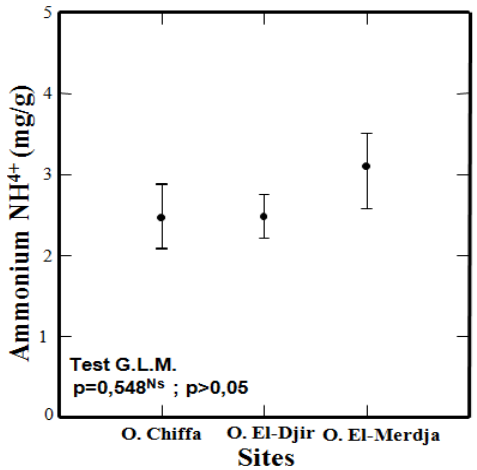


Figure III. 9. Variation spatiale des valeurs moyennes de l'Ammonium

- **Phosphate**

Les analyses de la variance étalent une différence non significative (Test ANOVA, Test G.L.M ; p>5%) des teneurs moyennes en Phosphate entre les trois points d'études avec un maximum de l'ordre de 0,733 Mg/L à Oued El-Merdja et un minimum de 0,266 Mg/L à Oued El-Djir (Tableau III.2; Figure III.10). Les résultats montrent que les teneurs moyennes en Phosphates dans les eaux échantillonnées dépassaient les normes de potabilités (0,5Mg/L). Ceci a révélé une pollution des cours d'eau étudies. Cette pollution dus probablement a l'action anthropique.

Selon Barbier et *al*. (2000), la présence de phosphore dans les eaux est principalement associée à des apports anthropiques (engrais, déjections animales, stations d'épuration, polyphosphates des détergents, eaux traitées aux phosphates, industrie chimique,. . .). Le phosphore est un élément nutritif primordial dont l'excès entraine la proliferation d'algues et une degradation de la qualité des eaux (Pesson, 1976 *in* Morsi, 2016). Les phosphates sont les principaux responsables, des phénomènes d'eutrophisation et de dystrophisation. En effet, non toxiques en eux-mêmes pour la vie animale et végétale, ils portent atteinte à l'environnement dès lors qu'ils sont en fortes concentrations : ils deviennent alors de véritables engrais pour les milieux aquatiques qu'ils contribuent à enrichir exagérément en matière organique.

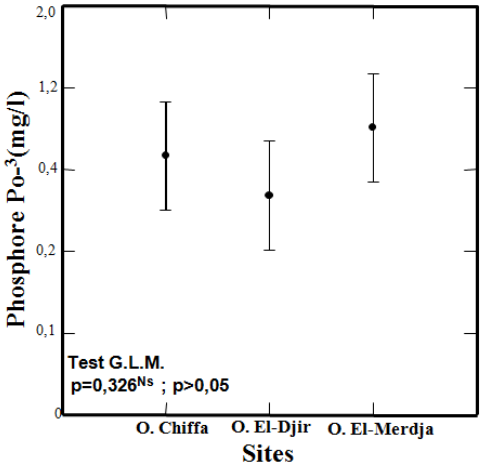


Figure III. 10. Variation spatiale des valeurs moyennes de Phosphore

- **Calcium**

A partir des résultats obtenus (Tableau III.2.; Figure III.11), nous pouvons voir clairement que la concentration des Calcium varie significativement (Test ANOVA, Test G.L.M ; p<5%) entre les trois points de prélèvements. Les analyses étalent que la teneur la plus élevée en Ca_{2+} est signalée à Oued El-Merdja avec une concentration de 100,2Mg/L suivi par Oued Chiffa avec une concentaration de 92,18 Mg/L et enfin Oued El-Djir avec la plus faible concentaration (84,16 Mg/L). Ces valeurs ne dépassent pas les normes Algériennes pour une eau potable qui est de 200 mg/l.

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau (Rodier et *al*., 2005). D'après Kahoul (2014), le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux). Quelle que soit son origine naturelle ou industrielle, le calcium est un élément indispensable à la vie des organismes, il joue un rôle dans la photosynthèse, la respiration, la constitution des squelettes des coquilles et dans le phénomène de perméabilité cellulaire (Ganjous, 1995 *in* Morsi, 2016). Selon Kahoul et Touhami (2014), Les effets indésirables résultant de la présence du calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté. Les concentrations en ions calcium (Ca2+) dans notre étude sont acceptables par rapport à la norme algérienne.

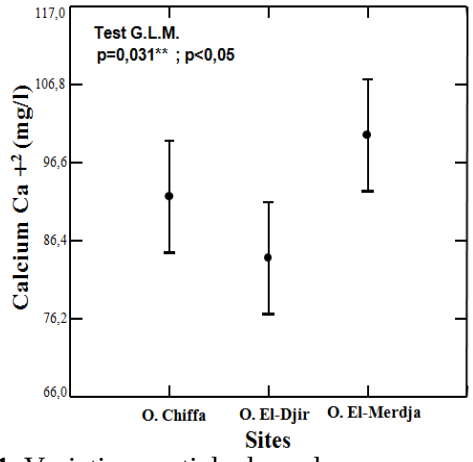


Figure III. 11. Variation spatiale des valeurs moyennes de Calcium

- **Magnésium**

La teneur en magnésium des eaux échantillonnées de différente station varie significativement de 16,23 Mg/L à 31,12 Mg/L (Tableau III.2; Figure III.12). La valeur la plus faible (16,23 Mg/L) est observée à Oued El-Merdja alors que la valeur la plus élevée est signalée à Oued Chiffa. Les résultats de l'analyse du laboratoire en ce qui concerne le magnésium est montré que l'eau des oueds étudies présente des taux de magnésium relativement faibles et inférieurs partout à la limite maximale retenue par la norme Algérienne (150 Mg/L).

D'après Nouayti, et *al.*, (2015), la majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées.

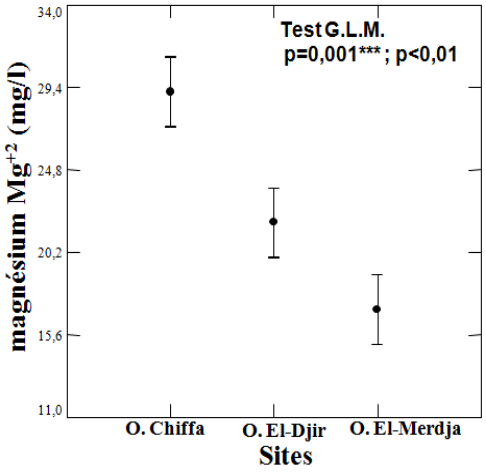


Figure III. 12. Variation spatiale des valeurs moyennes de Magnésium

- **Chlorure**

Les teneurs en chlorure mesurées dans les cours d'eau étudies sont hétérogènes selon l'analyse de la variance (Test ANOVA; Test G.L.M.; p<5%). Elles fluctuent entre 19,59 Mg/L et 27,23 Mg/L. En outre, les résultats étalent que la teneur en chlorure varie d'un site à un autre, dont la concentration la plus élevée est enregistrée à oued El-Merdja alors que la plus faible teneur est signalée à Oued El-Djir (Tableau III.2.; Figure III.13). Nos résultats comparables à ceux obtenus par Rodier et *al*. (2005), qui ont montrés que les teneurs en chlorures sont liées principalement au nature terrain traversé et aux lessivages des eaux usées urbaines, industrielles et agricole.

Les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau souterraine résulte de la dissolution des sels naturels (KCl, NaCl, $CaCl_2$) (Saoud, 2014 *in* AYAD, 2017). L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, reste très mobile et ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques. Il constitue un bon indicateur de la pollution (Chaker et Slimani, 2014 *in* AYAD, 2017).

Les concentrations en chlorures dans les eaux analysées restent trop faibles en comparaison à la concentration admissible par les normes Algériennes 500Mg/L. Ces faibles teneurs peuvent être dues soit par l'utilisation du chlorure par les organismes vivants dans le milieu ou bien par la formation du dioxyde de chlore (Doukhandji et

Haouchine, 2005 *in* Morsi, 2016). Concernant ce paramètre ainsi discuté, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

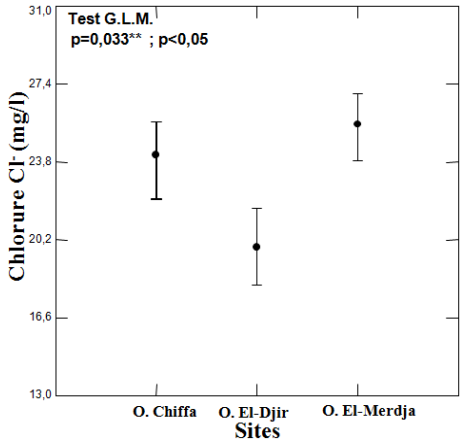


Figure III. 13. Variation spatiale des valeurs moyennes de Chlorure

- **Sodium**

Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, les teneurs en sodium sont globalement peu concentrées. Aucune valeur dépassant les 200 Mg/L n'est enregistrée dans la région d'étude. Les analyses statistiques montrent que, les teneurs moyennes en sodium varient significativement d'un site à un autre (Test ANOVA; p<5%). Nous remarquons que la concentration la plus faible (24 Mg/L) est enregistrée à Oued El-Djir alors que la plus élevée (30 Mg/L) est observée à Oued El-Merdja (Tableau III.2.; Figure III.14).

Le sodium se retrouve partout dans le milieu aquatique à cause de sa forte solubilité. C'est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations varient considérablement selon les paramètres hydrologiques et géologiques régionaux et locaux, la saison et le mode d'utilisation du sel (Belghiti et *al.*, 2013). Son origine peut être naturelle (mer, terrain salé....); humaine (10 à l5 g Na Cl dans les urines /jour) ou industrielle (potasse, industrie pétrolière). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (Rodier et *al.*, 2005). Concernant ce paramètre, toutes les eaux analysées durant cette étude sont admissibles à l'utilisation.

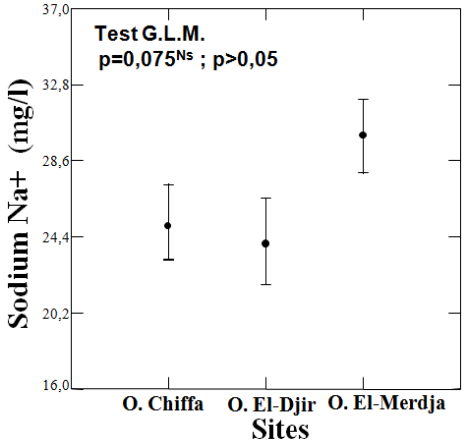


Figure III. 14. Variation spatiale des valeurs moyennes de Sodium

- **Potassium**

Les résultats de potassiums obtenus après l'analyse de l'eau échantillonnée sont très bas par rapport à la norme algérienne qui fixe une valeur de 20Mg/L dans les eaux potables alors que nous avons obtenues une moyenne varie entre 2 Mg/L et 3,2 Mg/L (Tableau III.2.; Figure III.15). Nous remarquons que la concentration la plus élevée est observée à Oued El-Merdja tandis que la faible concentration est signalée à oued El-Djir.

Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium; il ne prend qu'exceptionnellement le troisième rang des cations (Nouayti et *al.*, 2015). Autrement dit, sa présence est moins répandue dans la nature. Il se rencontre sous forme de chlorures doubles dans de nombreux minerais tels que la corrollite et la sylvinite. Le potassium est un élément indispensable à la vie et notamment à la croissance des végétaux. La teneur en potassium est presque constante dans les eaux naturelles (Nouayti et *al.*, 2015).

La concentration en potassium dans l'eau analysée est idéale pour les eaux destinées à l'utilisation.

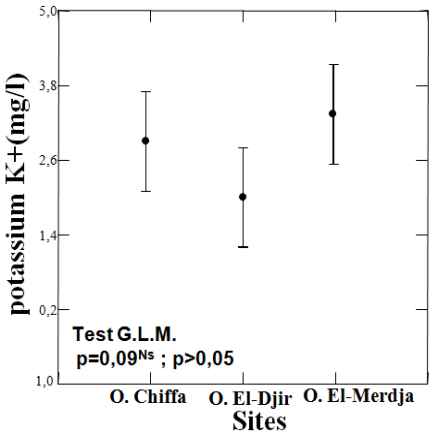


Figure III. 15. Variation spatiale des valeurs moyennes de Potassium

- **Manganèse Mn^{2+}**

Les résultats représentés dans le tableau III.2 montrent une absence totale de Manganèses dans les trois points étudiés. Le manque de cette molécule dans les eaux echantillonnées peut être du à la nature des terrains traversés. Ces résultats corroborent à ceux obtenus par Gaujous (1995), qui montre que le manganèse d'origine naturelle peut être lié à la nature de sol.

- **Bicarbonates HCO^{3-}**

Les résultats montrent que les teneurs moyennes en bicarbonates des points étudiés variaient globalement entre un minimum de 254,36 Mg/L à Oued El-Djir et un maximum de 305,6 Mg/L à Oued El-Merdja. La norme algérienne ne fixe aucune valeur concernant ce paramètre, sur cette base on peut dire que quel que soit sa concentration dans les eaux, la potabilité n'est pas affectée (Tableau III.2.; Figure III.16).

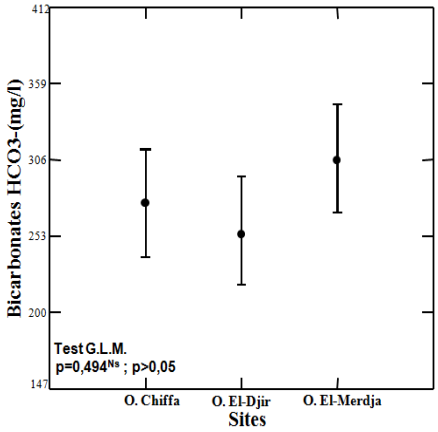


Figure III. 16. Variation spatiale des valeurs moyennes de Bicarbonates

- **Fer**

Les résultats de Fer Fe $^{3+}$ trouvés sont représentés dans le tableau III. 2 et la figure III.17. La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0.3 Mg/L. les résultats obtenus pour notre eau étudiée sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 0,004 et 0,123 Mg/L. Les analyses étalent que la quantité moyenne la plus important est signalée à Oued El-Merdja.

Le fer se classe en 4éme rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal est soluble dans l'eau à l'état d'ion Fe^{2+} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{3+} (ion ferrique).

La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations (Bouziani, 2000; Belghiti et *al*., 2013). Un excès de fer dans l'eau, se précipite au contact de l'air en formant des flacons rouges qui troublent l'eau et tachent le linge (Bouziani, 2000).

Pour nos résultats nous remarquons que la concentration en fer des eaux analysée est très bonne par rapport aux normes algériennes.

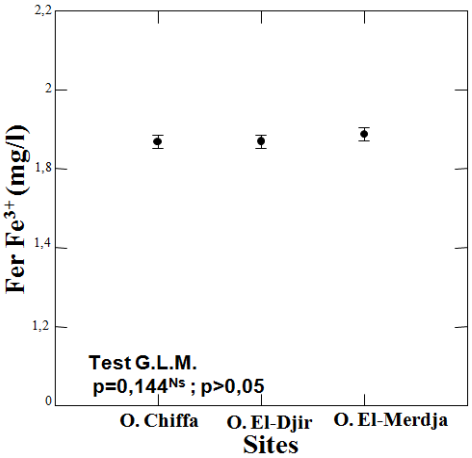


Figure III. 17. Variation spatiale des valeurs moyennes de Fer

- **sulfates**

D'après les résultats des échantillons analysés (Tableau III.2.), les valeurs quantitatives de sulfates enregistrées restent inférieurs à la valeur guide (200mg/l) de la norme algérienne relative à la qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable. Les tests statistiques (ANOVA ; G.L.M) montrent une différence significative ($p<5\%$) entre la quantité de sulfate enregistré dans les trois sites. Les résultats montrent que la quantité la plus important est signalée à oued Chiffa suivi par oued El-Djir puis oued El-Merdja avec la plus faible quantité (Tableau III.2 ; Figure III.18).

Les sulfates existent à l'état naturel dans de nombreux minéraux (Baryte, Gypse et l'epsomite grips). Le sulfate est la forme la plus importante est la plus stable du soufre. Les sulfates proviennent d'une oxydation plus complete de l'hydrogène sulfuré (Morsi, 2016). Ils sont des éléments indispensables à la croissance des végétaux aquatiques, mais un excès peut limiter la production biologique (Rodier et *al*, 2005). Les fortes concentrations en sulfate peuvent devenir un facteur limitant de la productivité de l'eau.

La tenue en sulfate dans la région d'étude est inférieure à la norme recommandée, mais elle reste assez importante. Cette importance peut être du au transfert matériaux vers l'eau.

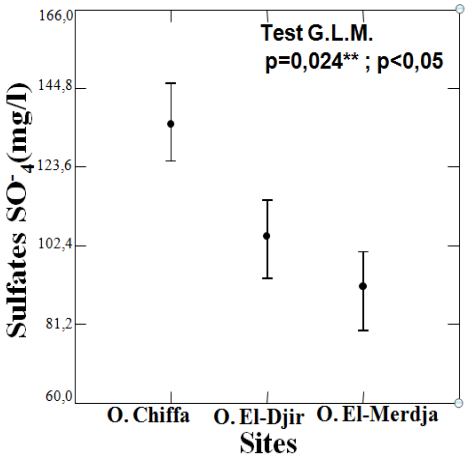


Figure III. 18. Variation spatiale des valeurs moyennes de Sulfates

Les résultats de l'analyse physico-chimique présentés dans ce travail peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucune incidence sur la qualité de l'eau des oueds étudies.

III.2. Etude des facteurs bioécologiques

III.2.1. Etude de la croissance de la population de barbeau *Barbus callensis*

Les résultats exprimant la variation spatialle de la taille et du poids durant la période d'étude de barbeaux *B. callensis* sont indiques dans le tableau III.3 et illustrés dans la figure III.19.

Tableau III.3. Longueur et poids des individus de la population étudiée *Barbus callensis*

Paramètres \ Site		O. Chiffa	O. EL-Merdja	O. EL-Djir	Test Anova
Longueur (Cm)	**Min**	4,8	6	10,8	p=0.000; p<1‰
	Max	16	17	13,7	
	Moy± E.S.	8,15±0,95	11,52±0,41	12,38±0,39	
	Médian (Q2)	6,85	12	12,5	
Poids (G)	**Min**	5,02	2,51	12,86	p=0.045; p<5%
	Max	40,62	54,86	18,82	
	Moy± E.S.	11,07±2,12	20,32±2,02	16,9±0,95	
	Médian (Q2)	6,885	20,19	17,35	

Min : Minimum ; Max : Maximum ; Moy± E.S.: moyenne± erreur standard.

Les captures portent sur des spécimens qui ont des longueurs variant entre 4,8 cm (O. Chiffa) et 17 cm (O. El-Merdja) (Test ANOVA; p=0.000; p<1‰). Les résultats étalent que la moyenne des taille la plus grande est observée à O. El-Djir tandis que la plus petite est signalée à O. Chiffa (Tableau III.3; Figure III.19.a). La boite a moustache indique que les médianes relatives aux longueurs observées à O. El-Merdja et O. El-Djir sont très proches (Q2=12 ; Q2=12,50) par rapport à celle observé à O. Chiffa (Q2=6,85) (Tableau III.3 ; Figure III.19.a). Il faut noter aussi que, les femelles sont généralement plus grandes que les mâles dans tous les points d'études.

En autre, les résultats montrent que les captures portent sur des spécimens qui ont des poids variant entre 2,51g et 54,86 g. Les analyses exposent une dissemblance significative entre les poids de différents points d'études (Test ANOVA; p=0.045; p<5%) où nous remarquons que la valeur moyenne de poids et la médiane les plus marquées sont signalés à O. El-Merdja (Moy± E.S.=20,32±2,02 ; Q2=20,19) (Tableau III.3; Figure III.19. b).

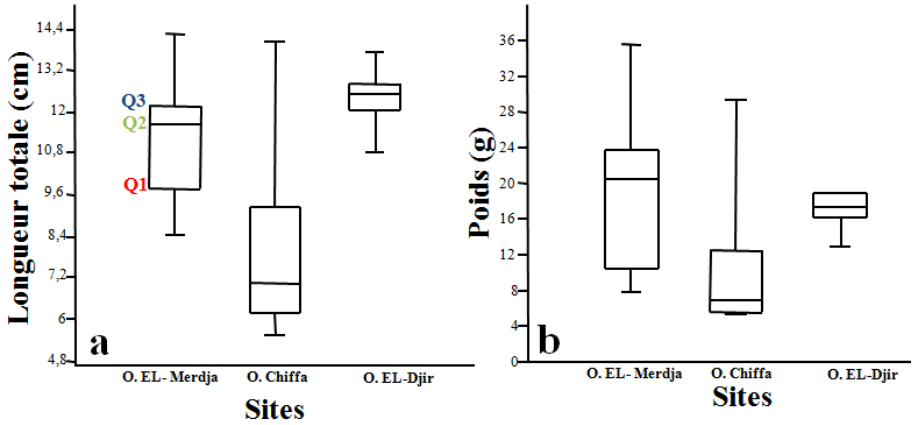


Figure. III.19. Variation spatiale de la Longueur et du poids de la population étudiée *Barbus callensis*

Les expressions mathématiques de la relation taille-poids calculées chez le barbeau sont indiquées dans le Tableau III.4.

Tableau III.4. Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez le barbeau *Barbus callensis*.

Sites	Fonction	Equation	A	E.S.a	b	E.S.b	r2	p-value	Type d'allométrie
O. Chiffa	**$Pt=a\ L^{b}$**	**$Pt=12{,}763\ L^{2{,}9245}$**	**12,763**	2,22	**2,9245**	0,25	**0,969**	**0,000*** **	**Allométrie minorante**
O. El-Merdja		**$Pt=28{,}71L^{3{,}971}$**	**28,71**	4,25	**3,971**	0,37	**0,977**	**0,000*** **	**Allométrie majorante**
O. El-Djir		**$Pt=7{,}971L^{2{,}0084}$**	**7,971**	1,23	**2,008**	0,67	**0,831**	**0,040***	**Allométrie minorante**

Dans le but de vérifier la relation qui pourrait exister entre la taille et le poids de barbeau *B. callensis* dans les différents points de prélèvement, nous avons fait ressortir les corrélations entre eux et ceci à travers le calcul du coefficient de Pearson.

Une forte corrélation positive est enregistrée entre les deux paramètres dans les différents points d'études (O. Chiffa: r^2=0,969; O. El-Merdja: r^2=0,977 ; O. El-Djir: r^2=0,831 ; p<5%) (Tableau III.4; Figure III.20).

Une croissance allométrie minorante a été observée à O. Chiffa et O. El-Djir avec des pentes (valeurs b) de la relation taille- poids qui varie de 2,924 ± 0,25 et de 2.008 ±0,67respectivement (Tableau III.4; Figure III.20. a et c). Concernant Oued El-Merdja une croissance relative majorante est observée avec une pente de 3,971(Tableau III.4 ; Figure III.20.b).

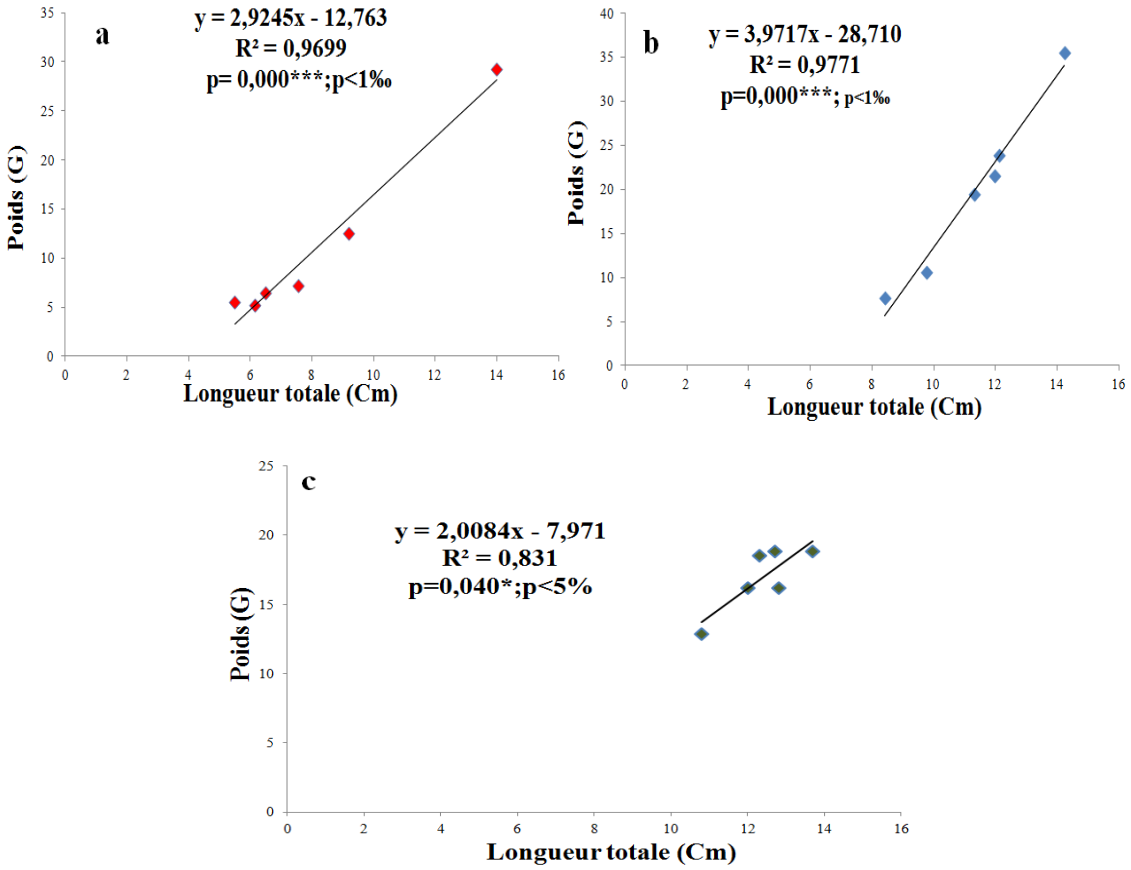


Figure III.20. Courbe de croissance relative (taille-poids) chez le Barbeau *Barbus callensis*

a: Oued Chiffa ; b: Oued Merdja; c:Oued Djir

Ces différences observées pour la croissance dans les différents sites d'étude sont probablement dues à des facteurs internes et externes (Amari, 1984 *in* Bouriga et *al*., 2010).

Il a été rapporté que la croissance des poissons répond à la variabilité de facteurs environnementaux, tels que : température, salinité, oxygène, disponibilité en nourriture; elle répond aussi à la densité de la population. La croissance des poissons varie aussi selon les espèces et entre les individus d'une même espèce, à cause de différences dans leur patrimoine génétique et donc leur capacité innée pour la croissance dans différentes conditions écologiques et environnementales (Barrios Rodriguez, 2017).

La majorité des espèces de poissons montrent une croissance continue qui peut varier entre les années, les stations, les cohortes et les individus. La variabilité des paramètres de croissance est probablement liée à la variation de l'énergie excédentaire disponible après que des fonctions essentielles, comme la maintenance, ont été satisfaites. L'énergie disponible pour la croissance peut varier dans le temps et dans l'espace, en fonction des conditions environnementales et de la disponibilité des proies (Maunder et *al*., 2016 *in* Barrios Rodriguez, 2017). Il existe une variété de facteurs qui influent sur la variation des paramètres de croissance, ils incluent les conditions environnementales, la densité, les variations individuelles, la distribution spatio-temporelle, et la date de naissance.

La température a été décrite comme un facteur qui joue un rôle fondamental dans la variation de la croissance avec un double impact. D'une part, une température élevée accélère la digestion et le métabolisme qui à leur tour augmentent la vitesse du processus anabolique, c'est à dire qu'elle induit une croissance rapide. D'autre part, elle augmente les besoins en nourriture et en énergie nécessaires au maintien de l'organisme, car plus un individu grandit, plus il a besoin de se nourrir (Shin & Rochet, 1998 *in* Barrios Rodriguez, 2017). La salinité a aussi a été décrite comme un facteur qui exerce un effet important sur la croissance des poissons. L'effort énergétique nécessaire pour maintenir l'équilibre osmotique aura un impact sur la croissance (Pauly, 2010 *in* Barrios Rodriguez, 2017). L'oxygène est nécessaire à la synthèse des protéines des poissons, et est un facteur limitant de la croissance (Cheung et *al*., 2012 *in* Barrios Rodriguez, 2017). Mais la croissance n'est pas seulement dépendante des facteurs environnementaux. Elle peut également être affectée par des facteurs biotiques. Parmi ceux-ci, figurent la disponibilité en nourriture et l'abondance des populations de la même espèce ou d'autres espèces. La disponibilité en nourriture constitue un facteur limitant pour les processus anaboliques (Barrios Rodriguez, 2017). D'autre part, la croissance peut être affectée par des effets densité-dépendants, un phénomène commun qui est la conséquence de la compétition pour la nourriture.

Plusieurs auteurs montrent que, la croissance des cyprinidés est liée à des facteurs intrinsèques comme par exemple le rôle des hormones sexuelles qui ralentissent la croissance. Celles-ci diminuent au fur et à mesure que l'âge augmente, mais les poissons croissent durant toute leur vie; la croissance est aussi liée à des facteurs extrinsèques tels que la température de l'eau qui agit directement sur la physiologie de la croissance de la faune piscicole et sur sa reproduction (Pourriot et Meybeck, 1995 et M'Hadhbi et Boumaïza, 2008).

Selon Lowe-McConnell (1982), les principaux facteurs qui font diminuer la taille de maturation sont la mauvaise condition relative, les dimensions réduites du milieu, le déficit alimentaire qualitatif et quantitatif ainsi la pêche trop intensive.

III.2.2. Étude de la Reproduction

III.2.2.1. Étude de la sex-ratio

La proportion des sexes a été étudiée par le calcul de la sex-ratio, cette dernière peut présenter des fluctuations suivant le temps et le site d'étude.

La population de *B. callensis* consistait à étudier 122 individus de poissons matures repartis entre les trois oueds (Oued Chiffa, Oued EL-Djir et Oued El-Merdja), dont 56 femelles et 66 mâles. La valeur de la sex-ratio est en faveur des mâles avec 53,47%, femelles avec 46,52% (Tableau III.5).

Tableau III.5. Sex-ratio global de *Barbus callensis* des individus capturés pendant la période d'étude.

	Nbr des mâles	Nbr des femelles	Sex-ratio	
			Taux des masculinités	Taux des féminités
O. El-Merdja	32	25	56.15%	43.85%
O. Chiffa	19	16	54.28%	45.71%
O. El-Djir	15	15	50%	50%
T. ANOVA	p=0.001**; p<1‰	p=0.082^{Ns}; p>5%	p=0.053*; p<5%	

L'évolution temporelle des effectifs mâles et femelles de trois Oueds étudies (O. El-Djir ; O. El-Merdja et O. Chiffa) est relativement irrégulière dans le temps (Figure III. 21). Les analyses montrent une différence significative (Test ANOVA; p<1‰) entre l'effectif des mâles des trois points d'études où nous remarquons que l'effectif le plus marqué est enregistré à Oued El-Merdja et ça au cours de toute la période d'étude tandis que le plus faible effectif est signalé à Oued El-Djir (Tableau III.5.; Figure III. 21.a). En outre, le test ANOVA fait ressortir une dissemblance non significative entre l'effectif des femelles des trois points d'études (Test ANOVA; p>5%) (Tableau III.3). Les mêmes résultats démontrent, que le nombre des femelles le plus important est observé à Oued El-Merdja avec 25 individus alors que le nombre des femelles dans les deux autre points reste comparable (Tableau III.5.; Figure III. 21.b).

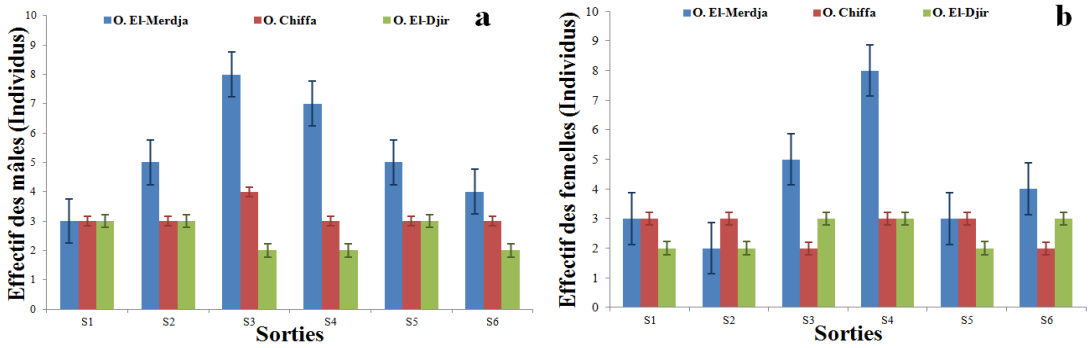


Figure III. 21. Variation temporelle des effectifs mâles et femelles de *Barbus callensi* capturés.

En examinant ce résultat, nous pouvons considérer que, la valeur de sex-ratio calculée pour l'espèce étudiée varie significativement dans les trois points d'études (Oued Chiffa, Oued EL-Djir et Oued El-Merdja) avec une probabilité de p=0.053 (Test ANOVA; p<5%).

Une prédominance chez les mâles dans la plupart des points d'étude, elle varie de 50 % (O. EL-Djir) à 56.15% (O. El-Merdja). Chez les femelles, elle varie de 43.85% (O. El-Merdja) à 50 % (O. EL-Djir) (Tableau III.5.; Figure III.22).

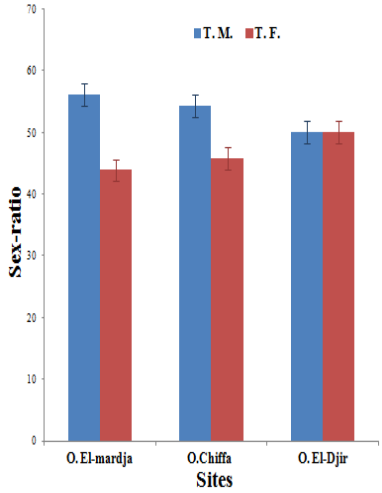


Figure III.22. Pourcentages du sexe ratio observé chez *Barbus callensis* dans les trois points d'études

T.M. : Taux des masculinités ; T.F. : Taux des féminités

Les résultats obtenus corroborent avec les propos de Bouhbouh (2002), qui a trouvé une prédominance des mâles de Barbus callensis en période printanière.

Selon Bouriga et *al.* (2010), la différence de taille entre mâles et femelles et sur la sex-ratio varie selon les études. Les écarts sont peu prononcés et aucune tendance claire n'est observée; il est probable que ces différences soient liées à l'échantillonnage.

Le même auteur trouve, que les femelles dominent dans le milieu naturel, le déficit de mâles pourrait être dû à une capturabilité différente des deux sexes: les femelles adultes seraient moins vulnérables au chalutage pélagique que les mâles. Une distribution différentielle des mâles et des femelles dans la colonne d'eau pourrait expliquer cette différence de capturabilité: les mâles seraient proches de la surface et les femelles à une distance plus éloignée pour accéder plus facilement à leur nourriture. Le manque de connaissance sur le comportement des poissons ne permet pas de trancher sur les raisons du déséquilibre de la sex-ratio (Bouriga et *al*., 2010).

La sex-ratio peut d'autre part se révéler très altère pendant certaines périodes de l'année ou localement pour certaines espèces (Marconato *et al.*, 2000 *in* Morsi, 2016). Divers facteurs environnementaux conduisent à des probabilités inégales de capture et la répartition des sexes (Baroiller *et al.* 1998 *in* Morsi, 2016).

Des études montrent que la distribution des poissons est largement influencée par la qualité physique et chimique de l'eau (oxygène dissous, température, pH, nitrate,

ammoniaque, etc.…) (Parasite Wiens, 1989; Hugueny et Lévêque, 2006 *in* Morsi, 2016 ; Matthews *et al.*, 1992 *in* Morsi, 2016).

III.2.2.2. Rapport gonado-somatique (RGS)

Les variations temporelles des valeurs du rapport gonado-somatique permettent de préciser la période de ponte. D'après la figure III.23., les valeurs les plus élevées ont été observées dans les échantillons effectués dans le Mai pour les deux sexes males et femelles au niveau trois points de prélèvement (O. El-Merdja ; O. Chiffa et O. El-Djir). Au-delà de cette période nous observons une diminution assez importante jusqu'à la fin de suivi.

Les courbes mensuelles (Figures III.23. a; b et c) de RGS moyen des femelles et des mâles évoluent d'une manière presque similaire dans les trois sites de prélèvement.

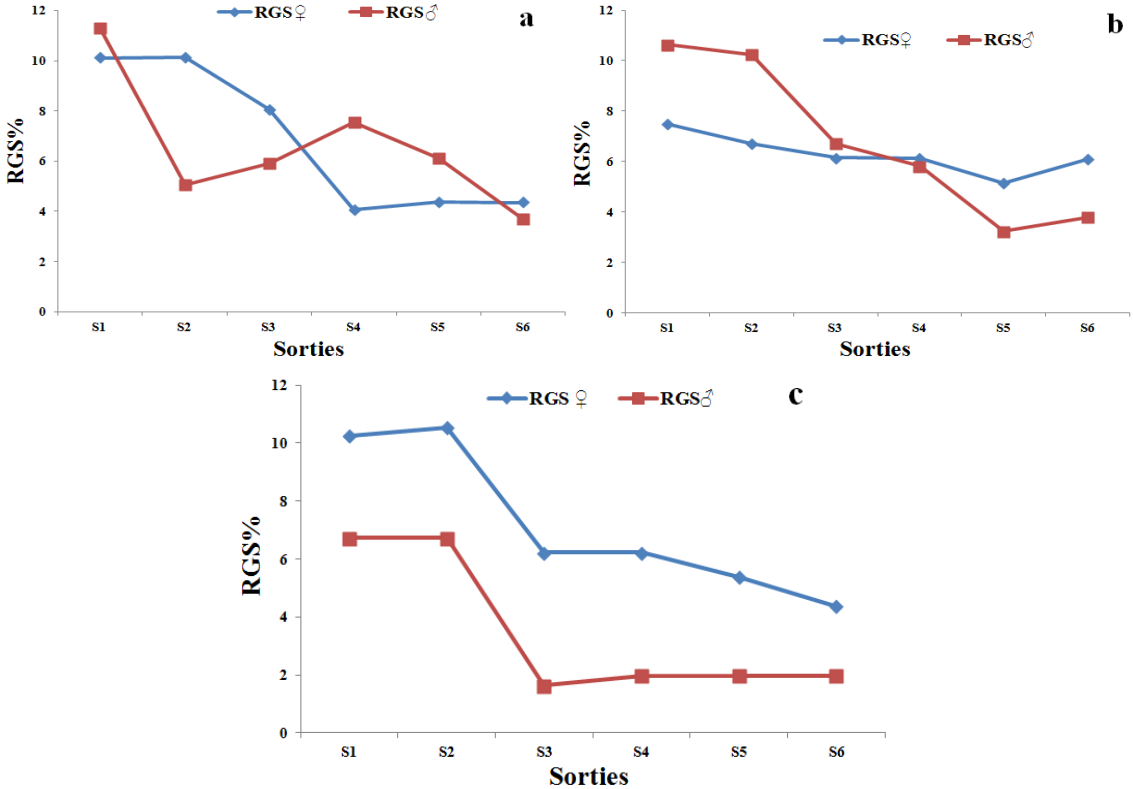


Figure III.23. Variation temporelles des rapports gonado-somatiques chez les deux sexes chez Barbus *callensis* capturés à différents Oueds.

a: Oued Chiffa ; b: Oued Merdja; c:Oued Djir

RGS: Rapports gonado-somatiques ; S : Sortie.

S1:07-Mai ; S2 : 21-Mai ; S3 : 04-juin ; S4 :18-juin ; S5 : 2-juillet ; S6 : 16-juillet

RGS: Rapports gonado-somatiques ; S : Sortie.

Les variations mensuelles des valeurs du rapport gonado-somatique permettent de préciser la période de ponte et confirment ainsi les observations macroscopiques et microscopiques. En effet, la maturation des ovocytes et des spermatozoïdes s'accompagne d'une augmentation du volume des gonades, induisant les variations des valeurs du rapport gonado-somatique (RGS) (Bouhbouh, 2002).

La ponte est importante en Mai, ces résultats sont similaires à la population du Barbeau dans d'Oued El-Harrach (Algérie) (Morsi, 2016) et entre Avril et Mai dans le réservoir Allal El Fassi (Maroc) (Bouhbouh 2002). Les résultats avancées confirment ainsi avec celui de Muus et Dahlstrom (1968) qui ont, montré que la période de reproduction chez le genre *Barbus* s'étale de Mai jusqu'a Juillet et entre Mai et Juin selon la constatation de Philippart et Vranken (1983) et de Spillman (1961).

Une étude confirme que les variations du RGS sont dues à l'âge des poissons ; ceci est lié à la production des hormones sexuelles (Phillipart, 1977 *in* Bohbouh, 2002).

La fréquence des pontes varie également en fonction des conditions environnementales (Ruwet *et al.,* 1975). Selon Rodier (2005), les eaux cyprinicoles se caractérisent par une température maximale d'environ 28°C. La température reste le facteur le plus important dans le déterminisme de la période de ponte chez les Cyprinidés (Goubier et Souchon, 1983 *in* Morsi, 2016). D'après Philippart(1982), la température reste le facteur le plus important dans le déterminisme de la période de ponte chez les Cyprinidés. En effet, la température optimale pour la reproduction naturelle chez le Barbeau est située entre 14 et 16°C. Chez les Cyprinidés, Breton *et al.*(1980) indiquent que la température de l'eau joue un rôle important dans la gamétogenèse. L'alimentation peut agir sur la reproduction directement pour l'élaboration de vitellus et indirectement sur la qualité et la quantité des gamètes. Selon Weil *et al*. (1986), la combinaison d'une haute température et d'un bon régime alimentaire peut avancer de deux mois la maturation des gonades.

III.2.2.3. Fécondité

La fécondité absolue et la fécondité relative calculées chez les individus de barbeau capturés sont présentées dans le Tableau III.6.

Tableau III. 6. Variation de la fécondité en fonction de différents oueds étudiés chez la population étudiée *Barbus callensis*

		Poids de gonades	**Nbr des œufs (F. absolus)**	**F. relative**
O. El-Merdja	**Min**	0,375	460	18,1
	max	2,1	1520	38,08
	Moy ± E.S.	1,34±0,26	806,5±67,34	29,61± 5,23
O. Chiffa	**Min**	0,8	410	26,5878877
	max	2,15	1080	27,15
	Moy ± E.S.	0,67±0,30	745±21,54	26,86±3,67
O. El-Djir	**Min**	1,4	478	25,39
	max	1,59	883	47,72
	Moy ± E.S.	0,89±0,28	617±18,02	33,04±2,42

Min : Minimum ; Max : Maximum ; Moy± E.S.: moyenne± erreur standard.

La fécondité absolue a varié de 410 à 1520 pour des femelles de tailles et poids compris respectivement entre 14,6 et 14 puis 15,1 et 39, 9 g. La valeur moyenne la plus élevée a été de 806,5±67,34 ovocytes chez les individus capturés à O. El-Merdja (Tableau III.6.).

Les résultats montrent ainsi que, la plus forte fécondité relative observée est de 47,72 ovocytes/g de poids corporel pour un spécimen capturé à O. El-Djir; la plus basse est estimée à 18,1 ovocytes/g de poids corporel pour une femelle capturée à O. El-Merdja (Tableau III.6.).

Les résultats de l'analyse de la corrélation montrent qu'il n'existe aucune corrélation entre les valeurs de la fécondité en fonction de la longueur totale ou par rapport au poids total dont les valeurs de r^2 ne dépassent pas les 0,2855.

La fécondité dépend de plusieurs paramètres : l'âge marin, le rapport des sexes et le poids de l'individu (Prouz, 2006). D'après Moreau (1979), la fécondité absolue est aussi très variable en fonction du poids, du site et selon les saisons. Bernard (1992), a montré, que la plupart des xénobiotiques agissent sur la fécondité des organismes contaminés, par la stérilisation partielle ou totale et par la réduction du nombre d'œufs pondus.

III.3. Réponses des traits de vies biochimiques de *Barbus callensis* en fonction de sites d'études

Le poids de foie et les traits de vies biochimiques des individus de barbeau capturés sont présentées dans le Tableau III.7.

Tableau III.7. Variation spatiale des mesures pondérales de foie et des réserves lipido-glucidiques de *Barbus callensis*

Paramètres \ Site		O. Chiffa	O. EL-Merdja	O. EL-Djir	Test Anova
Poids de foie (G)	**Min**	0,03	0,115	0,1	p=0.139; p>5%
	Max	0,35	0,71	0,38	
	Moy± E.S.	0,141±0,084	0,322±0,083	0,201±0,045	
	Médian (Q2)	0,09	0,277	0,19	
Réserve glucidique (µg/G.M.F)	**Min**	0,0372273	0,0133636	0,0256067	p=0.09; p>5%
	Max	0,120646	0,28904	0,104875	
	Moy± E.S.	0,070±0,011	0,156±0,045	0,078±0,016	
	Médian (Q2)	0,061	0,169	0,104	
Réserve lipidique (µg/G.M.F)	**Min**	20,1667	28,6667	17,25	p=0.07; p>5%
	Max	81,6667	107,264	81,25	
	Moy± E.S.	42,23±11,09	69,95±12,22	38,58±13,49	
	Médian (Q2)	28,14	72,28	17,25	

Min : Minimum ; Max : Maximum ; Moy± E.S.: moyenne± erreur standard.

La variation spatiale montre la présence d'une différence non significative (Test ANOVA: p>5%) sur le poids de foie des spécimens capturés de *B. callensis*. Les résultats étalent que la moyenne des mesures pondérales de foie la plus grande est observée à O. El-Merdja (0,322±0,083) tandis que la plus petite moyenne à est signalée à O. Chiffa (0,141±0,084) (Tableau III.7; Figure III.24. a).

Le remaniement des métabolites lipidiques et glucidiques des individus de *B. callensis*, a été estimé en fonction de différents points de prélèvement (Tableau III.7; Figure III.24).

Les variations spatiales des réserves lipidiques (Tableau III.7; Figure III. 24. c) de la population étudiées signalent une divergence non significative pendant la période du suivi (Test ANOVA: p>5%). Il est intéressant de constater une augmentation des quantités lipidiques d'un site à un autre, où nous observons que quantité maximale est observée à O. El-Merdja avec 107,264 µg/G.M.F. alors que la quantité minimale est signalée à O. El-Djir avec 17,25µg/G.M.F.

Les analyses montrent que, les biomarqueurs glucidiques ne variant pas significativement en fonction de différents sites d'études. En outre, les mêmes résultats exhibent une augmentation modérée des biomarqueurs glucidiques d'un point de prélèvement à un autre. Il faut noter que la quantité moyenne la plus élevée est observée à O. El-Merdja.

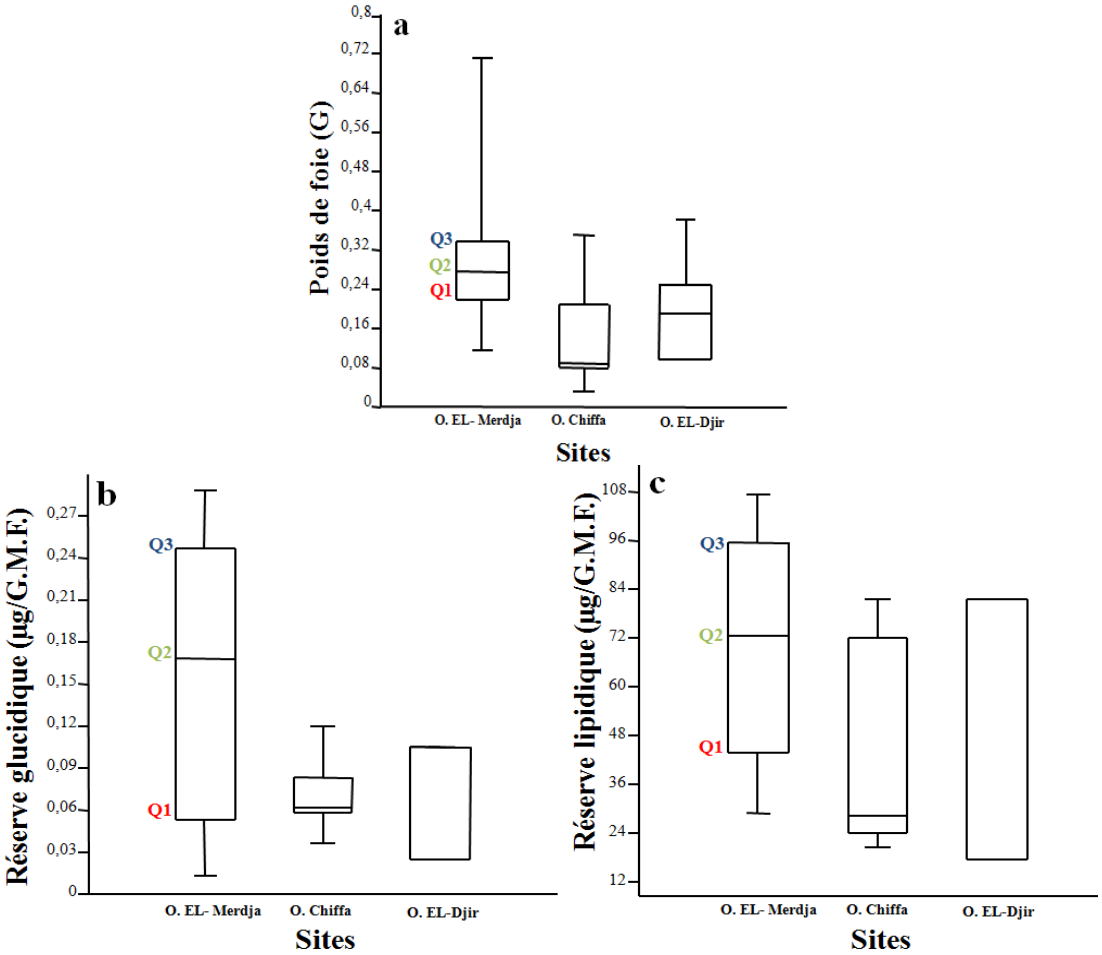


Figure III. 24. Variation spatiales des biomarqueurs énergétiques de *Barbus callensis*

L'action des substances anthropique sur les organismes vivants peut avoir comme conséquence divers changements internes. Une fois qu'un xénobiotique pénètre dans l'organisme, il peut altérer directement le système endocrinien et indirectement l'attribution d'énergie; ceci affecte la capacité reproductrice de l'individu qui déterminera de sérieuses perturbations sur le plan individuel et interindividuel (Lagadic et *al*., 1997 in Tchaker, 2018). Pour améliorer l'évaluation du risque d'altérations

cellulaires résultant d'une exposition à des xénobiotiques, beaucoup d'outils ont été proposées ou utilisées, et nous pouvons citer les biomarqueurs. Les résultats annoncent un changement quantitatif entre les réserves lipidiques et glucidiques stockées dans les tissus des individus des modèles biologiques de différents sites de prélèvement, où les réserves lipidiques sont très distinguées des réserves glucidiques. Il est intéressant de montrer que les quantités lipido-glucidique les plus importantes sont observées à oued El-Merdja. Ce résultat peut s'expliquer par le faite que la concentration élevée des éléments chimique (Nitrat, Nitrites, Amonium, Phosphate ….etc) à oued El-Merdja en comparaison à Oued El-Djir et à Oued Chiffa à un effet excitateur sur la physiologie ou le comportement des organismes.

Selon Win Decoen (2000), en présence de xénobiotiques, de nombreux mécanismes physiologiques sont mis en place : pour maintenir l'homéostasie, pour la détoxication, la protection et/ou la réparation des cellules; tous ces processus nécessitant de l'énergie. L'évaluation de cette production énergétique globale, permet donc d'estimer le coût du maintien des fonctions vitales et de la réponse au stress. L'exposition au stress chimique peut perturber la balance (estimée comme la différence entre l'énergie assimilée et les dépenses énergétiques de base) énergétique des animaux comme résultat direct des coûts de tolérance adoptés (e.g. mécanismes de défense, réparation des dommages) et ce aux dépends de l'énergie allouée à la reproduction et à la croissance (Troll et Lindsley, 1955). Tchaker (2018) montre que, les organismes exposés à la contamination chimique vont utiliser de l'énergie pour limiter l'altération physiologique causée par les substances présentes dans le milieu. Ainsi, la quantité d'énergie disponible pour assurer les fonctions vitales de l'organisme va être moins importante que chez des organismes non exposés.

Des études montrent que les lipides s'accumulent généralement chez les organismes exposés à des contaminants organiques (Köhler, 1989) ou à des situations de contamination multiples (Krishnakumar et *al*., 1994). Dont une augmentation des métabolites lipidiques, favorisant ainsi le stockage du toxique.

Dans les conditions de stress environnemental, les réserves glucidiques sont épuisées pour satisfaire les demandes énergétiques (Arasta et *al.,* 1996). Selon Chaboussou (1980 *in* Tchaker), les biomarqueurs glucidique sont très faibles mais stables ce qui laisse supposé que la faible quantité du taux des sucres est relative à l'action de détoxification.

En fin, de nombreux stress (physiques et/ou chimiques) peuvent entraîner la mobilisation des réserves énergétiques. Outre les variations liées à l'exposition à des toxiques, la variabilité des concentrations en réserves énergétiques des organismes est en fonction des nombreux facteurs biotiques et/ ou abiotiques. Ces réserves énergétiques peuvent être mobilisées pour alimenter des mécanismes de défense (Stockage, élimination, détoxication des contaminants). Dans cette situation de toxicité, les réserves énergétiques peuvent fournir des informations capitales sur les capacités de maintien, de croissance et de reproduction des individus (Amiard et Amiard-Triquet, 2008 *in* Tchaker).

CONCLUSION

CONCLUSION GÉNÉRAL

Dans la présent étude nous avons essayé d'étudier les caractérisations physico-chimiques des eaux de trois oueds situés au secteur d'El'Hamdania O. El-Merdja, O. El-Djir et O. Chiffa en tant que milieu écologique où vie le Barbeau, d'enseigner et de comparer les paramètres bioécologiques de ce poisson capturé aux différents sites d'étude et d'évaluer de degré de perturbation des biomarqueurs énergétiques en fonction de milieu de vie.

L'étude de la température montre que les eaux de différents sites étudiés sont caractérisées par des eaux moyennement chaudes tout au long de la période de suivi. Concernant le pH, l'eau des Oueds étudies varie entre une neutralité approchée et une acidité faible. Les résultats montrent que, la turbidité est très importante au niveau d'O. El-Merdja et O. Chiffa alors que elle est trop faible à O. El-Djir. La conductivité électrique semble être élevée dans les eaux du cours d'eau, cela témoigne une bonne minéralisation des eaux. Ce sont également des eaux saumâtres riches en oxygène dissous. Pour la salinité est presque absente dans les eaux analysées.

Les caractéristiques chimiques des eaux étudiées ne présentent pas d'excès ou des donnes des éléments indispensables. Les analyses confirment que les eaux des oueds étudiés sont de bonne qualité et respecte les normes Algériennes. Les mêmes résultats montrent que l'ammonium est le seul paramètre qui dépasse les valeurs limites fixées par la norme Algérienne. Il est intéressant de signaler que dans la majorité des paramètres chimiques les teneurs les plus élevées sont observées à O. El-Merdja par comparaison aux deux autres points de prélèvement. Ces observations, nous permettent de déduire que tous ces paramètres et leur fluctuation permettent de dire que ces milieux sont favorables à la croissance du barbeau *Barbus callensis.*

Afin d'analyser les particularités morphologiques de ce poisson, nous avons déterminé les relations d'allométrie liant la masses du corps à la longueur totale. L'utilisation des analyses statistiques nous a permis de déduire la nature de la croissance (isométrique, minorante ou majorante). Dans cette étude, la relation Taille-Poids pour la population étudiée montre que la croissance varier entre allométrie minorante à O. Chiffa à et O. El-Djir et majorante à Oued El-Merdja. Il est intéressant de signaler que les captures portent sur des individus qui ont des longueurs variant entre 4,8 cm (O. Chiffa) et 17 cm (O. El-Merdja). La variation spatiale des mesures pondérale observées chez la population étudiée, ajoute que le poids maximal observé était 54,86 g au niveau d'Oued El-Merdja.

L'étude de la reproduction du *B. callensis* nous a permis de déduire ce que suite:

La détermination du sexe qui ne peut se faire qu'après la dissection du poisson nous a permis de constater que l'effectif des mâles est plus important que celui des femelles. La population de *B. callensis* consistait à 122 individus de poissons mûrit, y compris 56 femelles et 66 mâles. La valeur de la sex-ratio est en faveur des mâles avec 53,47%, femelles avec 46,52%. Les résultats illustrent, que le nombre des mâles et des femelles le plus élèves est observé à Oued El-Merdja par comparaison aux autre oueds.

L'évolution des rapports gonado-somatiques chez les deux sexes de la population étudiée *B. callensis* permet de conclure que la reproduction de dans les trois points de

prélèvement présente une diminution important allant de mois de Mai jusqu'au mois de Juillet. Le cycle de ponte saisonnier, fait apparaitre que les rapports gonado-somatique chez les deux sexes sont plus importants généralement en printemps.

Les résultats de la fécondité calculée chez les individus de barbeau capturés montrent que la fécondité absolue a varié de 410 à O. Chiffa à 1520 à O. El-Merdja. En outre, les résultats exhibent que la fécondité relative la plus forte est observée à O. El-Djir (47,72 ovocytes/g de poids corporel) alors que la plus basse est signalée à O. El-Merdja (18,1 ovocytes/g de poids corporel).

Pour Les variations spatiales des réserves énergétiques lipido-glucidique, nous remarquons que, les biomarqueurs lipidiques ne variant pas significativement en fonction de différents sites d'études, mais il est intéressant de constater une augmentation quantitative de lipide d'un site à un autre, où nous observons que quantité maximale est observée à O. El-Merdja. En outre, les mêmes résultats exhibent une augmentation modérée des biomarqueurs glucidiques d'un point de prélèvement à un autre dont la quantité moyenne la plus élevée est observée à O. El-Merdja.

En perspectives, il serait nécessaire de mettre l'accent sur certains points afin d'approfondir et d'acquérir de nouvelles connaissances bénéfiques et utiles particulièrement dans le domaine de l'halieutique, parmi lesquelles nous citons:

- D'actualiser les données relatives à la systématique, à la distribution et à l'écologie des populations et des peuplements des poissons;

- L'enrichissement de l'inventaire établi, notamment par la prospection d'autres sites de la région ;

- L'étude de la dynamique des populations en faisant recours à des pêches régulières et avec des équipements appropriés en vue de mettre la lumière sur les potentialités piscicoles des plans d'eau de la région ;

- Etablir sur le statut de conservation des espèces tout natives qu'exotiques, ainsi que d'identifier et d'évaluer les facteurs responsables du déclin de l'ichtyofaune algérienne;

- Une meilleure connaissance des impacts écologiques des aménagements nous permettra également d'envisager une gestion rationnelle et durable de notre patrimoine aquatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abdo, G. et Oukhelaf, N., 2002.** étude phytoécologique des formation végétales de la partie centrale du parc national de chrea. Mém Ing. Eco-Env USTHB Alger 43p.
2. **Aberkane, B., 2010.** Etude de la reproduction du barbeau *Barbus barbuscallensis* en fonction des paramètres liés à l'individu et à l'environnement.thèse.Mag.Univ. Bejaia.algérie.64p.
3. **Anonyme., 2017.**Eau Dépôt traitement d'eau Vente partout au Québec, http://eaudepot.com/pages/qu2019est2dce_que_le_tds.html.
4. **Amiard-Triquet, C. ; Amiard, J.C., (2008).** Les biomarqueurs dans l'evaluation de l'etat ecologique des milieux aquatiques.ED. Tece t Doc . ISBN 10 : 2743010177.375p
5. **Arasta, T. ; Bais, V.S. & Thakur, P., 1996.** Effect of Nuvan on some biological parameters of Indian catfish, Mystusvittatus. Journal of Environmental Biology. 17: 167-169.
6. **Arzul, G. ;Boucquené, G. ;Claisse, D. ;Grossel, H. ;Marchand, M. ;Munschy, C. ;Tissier, C. ;Tixier, C. ;Tronczynski, J., 2004.** Startégies pour la surveillance des produits phytosanitaires en milieu marin coûtier. Ifremer, R.INT-DEL.PC.2004.46P.
7. **Assaad, A., 2014.** Pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux thèse.Doc.Univ.de Lorraine.225P
8. **Ayad, W., 2017.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El- Harrouch (wilaya de Skikda).Thèse Doc. Univ. Badji Mokhtar, Annaba Algérie, 116 p.
9. **Barillet, S., 2006.** Toxicocinetique, Toxicite Chimique Et Radiologique De L'uranium Chez Le Poisson Zebre (*Danio rerio*). Thèse Doc. Université Paul Verlaine de Metz.437p.
10. **Barbier, J. ; Chéry, L.et Ruppert, N., 2000.** Le phosphore dans les eaux souterraines en France. Etude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 99-D-715, 61p.
11. **Barrios Rodriguez, A. J., 2017.** Influence des variations des facteurs environnementaux sur la croissance de poissons de l'atlantique. Biodiversité et Ecologie. Agrocampus Ouest, Français.
12. **Belghiti, M. ; Lhahlaoui, A. ; Bengoumi, D. et El Moustaine, R., 2013**. Etude de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss journal, ISSN 1112-3680, n°14, pp. 21-36.*
13. **Belhadj, M.Z., 2017.** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda.Thèse.Doc.Univ.Biskra.Algérie.153P.
14. **Benaissa, A. ; Babelhadj, B. ;Zahari, N. ; Khouildi, H. et Babelhadj, T., 2016.** Contribution à l'étude de quelques critères physicochimiques de l'eau vendue en citernes dans la Wilaya d'Ouargla. Journal of Advanced Research in Science and Technology, ISSN: 2352-9989.
15. **Berkani, N. ; Zighem, I. Et Foughali, S., 2017.** PARASITES DU BARBEAU *Barbus callensis* (*valencienne,* 1842) DU BARRAGE DE BOUHAMDANE-GUELMA. Thèse.Master.Univ. Guelma. Algérie.68p

16. **Bernard, C., 1992.** Petit dictionnaire de la médecine du gibier. Ed. Perron, Alleur-Liège, ISBN 2-87114-088-X, 531p.
17. **Bouchemal, F., 2017.** Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra. Thèse Doc., Univ. Mohamed Khider Biskra, Algérie, 153p.
18. **Bougis, P., 1952.** Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus Barbatus L*. et *Mullus surmuletus L*.). *Arch. Zool. Exp. Gen*. 89 : 59-174.
19. **Bouhbouh S., 2002.** Bio-Ecologie De *Barbus Callensis* (Valencienne 1842) *& Barbus Fritschi* (Günther 1874). Au Niveau Du Reservoir Allal El Fassi (Maroc). These Doct.Fac. Sci. Dhar el Mehraz, Fès, Maroc. 167 p.
20. **Boudjema, K.,2013.** Etude des Biomarqueurs de la Bioaccumulation des Metaux traces (Cuivre, Cadmium Et Plomb) Chez La Moule *Perna Perna* Born (1780) Exposee A Une Toxification Aiguë.Thèse de Doctorat.Univ.Blida.Algerie.109p
21. **Bouriga, N. ; Cherif, M. ; Hajjej, Gh. ; Quignard, J-P. ; Faure ,E. et Trabelsi, M., 2010.** Etude comparative du cycle sexuel et de la relation taillepoids de deux especes d'atherines en tunisie. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, Vol. 37, 2010 21.
22. **Bouziani, M., 2000**. L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
23. **Brahmia, S., 2017**. Ecologie parasitaire des Cyprinidés du lac Oubeira (Nord-Est Algérien).thèse.Doc.Univ. BADJI MOKHTAR .ANNABA. Algérie, 117p.
24. **Breuil, M., 2009:** Dictionnaire des sciences de la vie et de la terre, Ed : BERIT, Pp:745.
25. **Bruslé, J. et Quignard, J. P., 2001.** Biologie des poissons d'eau douce européens, Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 625 p.
26. **Cajaraville, M.P. ; Bebianno, M. J. ;Blasco, J. ; Porte, C. : Sarasquete, C. ; Viarengo, A., 2000.** *The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach*. Sci. Tot. Environ. 247(2-3): 295-311.
27. **Casal-lopez, M. ; Perea, S. ; Yahyaoui, A. et Doadrio I., 2015**. Taxonomic review of the genus luciobarbus heckel, 1843 (actinopterygii, cyprinidae) from northwestern morocco with the description of three new species. graellsia, 71(2). http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2015.v71.135.
28. **Casas, S., 2005**. Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule Mytilus galloprovencialis en milieu méditerranéens. Thèse de doctorat, Université .sud Toulon VAR,314p
29. **Chaouachi, B. et Ben Hassine, O.K., 1998.** le barbeau *barbus callensis* valenciennes, 1842 (poisson, teleosteen) de la lagune de l'ichkeul. *Archs. I n s t . Pasteur Tunis*, 1998, 75 (3/4), 211-218
30. **Coulibaly, K., 2005.** Étude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse doc, Université de Bamako, 69p.
31. **Dahel, R., 2015.** Le parc national de chréa une aire protégée à influence régionale. *Agrobiologia*; **7**: 05-14.
32. **Dajoz ,R., 1985.** Précis d‟écologie. Ed. Dunod, Paris, 505p.
33. **Dajoz, R., 2000.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, 7éme édition., Paris 600 p.
34. **Dib, I., 2009.** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux

souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Thèse Mag., Univ. Hadj Lakhdar, Batna, Algérie, 127 p.

35. **Dean, J.C., Bosqui, F. et Lanovette, K.H., 1972 .** Removing heavy metals from wastewater. Environemental Science and Technology, 6 (5): p 18-22.
36. **Djabourabi, A., 2006.** Réponses biochimiques des mollusques bivalves aux Variations de certains paramètres environnementaux (paramètres physico chimiques et phytoplancton toxique dans la lagune El Mellah). Thèse, Mag, Algérie,100p.
37. **Djemali, I., 2005.** Evaluation de la biomasse piscicole dans les plans d'eau douce tunisiens : Approches analytique et acoustique. Thèse de doctorat en sciences agronomiques Spécialité :Halieutique. 1-32.
38. **Dupuy, C., 2014.** Réponses de populations de poissons au stress chimique en milieux estuariens : intégration des réponses moléculaires, biochimiques et immunotoxicologiques. Thèse, doc, Bretagne,205p.
39. **Fall, C., 2008.** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. Mémoire de Maitrise, Université Cheikh Anta Diop Dakar, Sénégal.
40. **Ferhat, k. ; Kehoul, H., 2014.** Optimisation de la conservation du sperme de poisson *Barbus barbus callensis* (Valenciennes,1842).Univ.Béjaia.Algérie.
41. **Frioua, S., 2014.** Localisation Et Caracterisation Des Zones Sources De Pollution Des Ressources En Eau De La Ville De Biskra A L'aide De S.I.G. Thèse.Master. Univ.Biskra.Algérie.79p
42. **Gaujous, D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. Tech et Doc Lavoisier, Paris, 220p.
43. **Genin, B. ; Chauvin, C. et Ménard ,F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques. 2 emme Edition Paris .223p.
44. **Gennotte,V. et Prignon, C.,2016.** L'élevage du barbeau en Wallonie. Edition Belgique. ISBN 978-2-87016-142-5.63p.
45. **Ghezali, D., 2012.**Systématique et bio-écologie des acariens du sol (Acari-Oribatida) en Algérie. Thèse, doc., El-Harrach, Algérie, 118p.
46. **Hade, A., 2007.** Nos lacs : Les connaitre pour mieux les protéger.Edition Fides.Bibliothèque national du Québec. Canada. 27p.
47. **Hammer, Ø. ; Harper, D.A.T. et Ryan, P.D., 2001.** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeont. Electron. 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
48. **Hamitouche, M ; Haderbache, S.,2017.** Evaluation de la pollution métallique de l'Oued Soummam par le dosage des métaux lourds dans le muscle de quelques espèces de poissons Thèse.Master.Univ.Béjaia.69p
49. **Kara, M.H., (1997).** Cycle sexuel et fécondité du loup Dicentrarchuslabrax (poisson Moronidé) du Golfe d'Annaba. Cah. Biol. Mar, 38: 161-168.
50. **Kahoul, M. et Touhami, M., 2014.** Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *Larhyss journal*, ISSN 1112-3680, N°19 : 129-138.
51. **Kahoul, M. ; Derbal , N. ; Alioua, A. et Ayad, W., 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de puits dans la région de berrahal (Algérie). *Larhyss journal*, ISSN 1112-3680, N°18 : 169-178.
52. **Kerambrun, E. ; Sanchez, W . ; Henry, F. et Amara, R., 2011.** Are biochemical biomarker responsesrelated to physiological performance of juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and turbot (S*cophthalmus maximus*) caged in a polluted

harbour Comparative Biochemistry and Physiology Part C 154, 187-195.

53. **Khati Hadj Moussa, W., 2009**. Etude de la qualité des eaux du golfe d'Annaba par l'utilisation d'un mollusque sentinelle, la moule (*Perna perna* L) : essai in vivo et in situ. Application à la biosurveillance de l'environnement marin.Thèse.Doctorat.Univ.Annaba. Algerie.145p

54. **Kienzler, A ., 2013.** Intérêt des lignées cellulaires de poisson en écotoxicologie pour l'étude de nouveaux biomarqueurs de génotoxicité.Thèse, doc, lyon, 318p.

55. **Köhler, A., 1989.** Cellular effects of environmental contamination in fish from River Elbe and the North Sea. *Mar. Env. Res., 28,417-424.*

56. **Kraiem, M., Pattee, E., 1998.** Salinity tolerance of the barbel, *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Pisces, Cyprinidae) and its ecological significance. Hydrobiologia. 166,263-267.

57. **Krishnakumar, P.K. ; Casillas, E. et Varanasi, U., 1994.** Effect of environmental contaminants on the health of Mytilus edulis from Puget Sound, Washington, USA. 1. Cytochemical measures of lysosomal responses in the digestive cells using automatic image analysis. Mar. Ecol. Prog. Ser., 106, 249-261.

58. **Lagadic, L. ; Caquet, T.; Amiard, J-C. et Ramade, F., 1997.** Biomarqueurs en écotoxicologie. Aspects fondamentaux. Collection Écologie, Paris, Masson, 419 pp.

59. **Lowe Mcconnell, R., 198 .**Tilapias in fish communities**.** In : Pullin & LowMcConnell
(eds). The biology and culture of Tilapias. ICLARM Conf. Proc, pp 83-113**.**

60. **Lytle, D. ; Sorg, T. ; Wang, L. ; Muhlen, C. ; Rahrig, M. et French, K., 2007.** Biological nitrification in a full scale and pilot scale iron removal drinking water treatment plant. *J. Water SRT-Aqua, 56(2):125-136.*

61. **Maouche, S., 2013.** MEAC-LAB (LABORATOIRES DE L'ADE) Version 1.

62. **Mazouni , M., 2016.** Dépollution des eaux usées par un support naturel Chitosane – polyaniline. Thèse.Master.algreie .64p.

63. **Meddour, R., 1994.** contribution à l'étude phytosociologique de la portion centro-orientale du parc national de chréa.essai d'interprétation synthétique des étages ett des séries de végétation de l'atlas blidéen.Th.Magister.INA.ALGER.330p.

64. **Melghit ,M., 2011.** Qualité physico-chimique, pollution organique et métalliquedes compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel,et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Thèse, Mag,141p.

65. **M'hadhbi, L et Boumaïza, M., 2008.** Etude de la croissance relative du barbeau: *Barbus callensis* (Cyprinidae) de la retenue de barrage Joumine (Nord Tunisien). Analele Ştiinţifice ale Universităţii, Al. I. Cuza" Iaşi, s. Biologie animală, Tom LIV.

66. **Mimeche, F., 2014.** Ecologie du barbeau de l'Algérie, *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (*Pisces : Cyprinidae*) dans le barrage d'EL K'sob (M'Sila). 70p.

67. **Moussa Haidar, C., 2014.** Évaluation de la qualité de l'eau du bassin superieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse doc., Université, Lorraine, 268p.

68. **Moreau, J., 1979 .** Biologie et évolution des peuplements de Cichlides introduits dans les lacs malgaches d'altitude. *Thèse de Doctorat d'Etat n°38, Institut Polytechnique de Toulouse, 301 p.*

69. **Morsi, A., 2016**. Ecologie du barbeau de l'Algérie, *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (Cyprinidae) dans Oued El-Harrach et de ses affluents (nord de l'Algérie).Thèse du doctorat en Sciences Agronomiques. Algérie.152p.

70. **Muus B.J. et Dahlstrom P., 1968 .** Süßwasserfische. BLV Verlagsgesellschaft,

München, 224 p.

71. **Nasri, S. ; Guendouz, C., 2013.** Essai de la reproduction artificielle du poisson D'eaux douces Barbus callensis. Thèse. Mag.Univ. de Bejaia.Algérie.

72. **Ndiaye, A., 2012.** Réponses du tilapia *Sarotherodon melanotheron* aux stress multiples (salinité et contaminants chimiques) : approche multi-paramétrique.thése .doctorat. Universite Montpellier II.227p.

73. **Nelson, J.S., 1994.** Fishes of the world. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York, 600 pp.

74. **Nouayti, N. ; Khattach, D. et Hilali, M., 2015**. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc) Assessment ofphysico-chemical quality of groundwaterof the Jurassic aquifers inhigh basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco). *J. Mater. Environ,* 6 (4): 1068-1081.

75. **Ouattara, S. ; Bamba, Y. ; Karamoko, M. et Fantodji, A., 2015.** Aspects macroscopiques de la reproduction d'Engraulis encrasicolus (Pisces, Engraulidae) sur le littoral-ouest de la Côte d' Ivoire. *Afrique SCIENCE 11(3) : 101 – 114.*

76. **Ouhmidou, M. ; Chahlaoui1, A. ; Kharroubi, A. et Chahboune M., 2015.** Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil d'Errachidia (Maroc) Study of the physico-chemical and bacteriological quality of the barrage Hassan Addakhil of Errachidia (Morocco). *J. Mater. Environ. Sci. 6 (6):1663-1671.*

77. **Ould Rouis, S. ; Ould Rouis, A. ; Micha, J.C et Arab A., 2012.**Biologie de la reproduction du Cyprinidae, Barbus callensis dans le lac de barrage Hamiz (Algérie). Tropicultura, 30, 2, 88-93

78. **Phillipart J.C., 1982.**Mise au point de l'alevinage controlé du *Barbus barbus* (L.) en Bélgique. Perspective pour le repeuplement des rivières. *Cah.Ethol. Appliquée* 2 (2) : 173-202.

79. **Phillipart J.C. ; Vranken M., 1983 .**A Protégeons nos poissons. Collection Animaux menacés en Wallonie. Edition Régionn Wallonne et Duculot Paris-Gembloux, 206p.

80. **PNC., 2000.** plan de gestion I.pèriode quinquennale 2001 2005 .parc national chréa.160p.

81. **PNC., 2005.** plan de gestion II.pèriode quinquennale 2005 2009.par national chréa. 230p.

82. **PNC., 2010.**plan de gestion III.pèriode quinquennale 2010 2014 parc national de chréa .60p

83. **PNC., 2012.** Bulletin annuelle du Parc National de Chréa. p20.

84. **Pourriot R. ; Meybeck M., 1995 -** Limnologie générale. Masson, Paris. Collection *press, Belle W. Baruch libr. Mar. Sci., Il: 1-24.*

85. **Prouz, P., 2006.** Impact des facteurs anthropiques et naturels sur le fonctionnement de quelques populations halieutiques Nécessité d'une approche écosystémique pour une gestion intégrée de ces ressources halieutiques. Centre de Nantes Laboratoire Ressources Halieutiques d'Aquitaine Technopole IZARBEL 64210 Bidart, 144p.

86. **Ramade, F., 1977.** Ecotoxicologie.Masson, Paris, 205 p.

87. **Ramade, F., 2002.** Dictionnaire Encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Masson et Cie, 1075 p.

88. **Ramade, F., 2011.**Introduction à l'écochimie les substances chimiques de l'écosphère à l'homme.Ed, Lavoisier.paris.828 p.

89. **Ramade, F., 2007.** Introduction à l'écotoxicologie Fondements Et applictions.

Editions Tec et Doc Lavoisier, Paris.612p.

90. **Rodier, J., 1996.** L'analyse de l'eau. DUNOD, Paris, 8e Ed, Pp 175-181.

91. **Rodier, J., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. Ed. Dunod, 8éme Edit, Paris, 1530 p.

92. **Ruwet, J.C. ; Voss J., Hanon L. et Micha J.C., 1975 .**Biologie et élevage des Tilapias. Symposium FAO/CPCA sur l'aquaculture en Afrique, Accra, Ghana, 30 septembre au 6 octobre 1975,27 p.

93. **Saadali, B., 2007.** Etude de la qualité des eaux des sources issues du massif dunaire de Bouteldja (Algérie extrême Nord orientale). Thèse Mag., Univ. Badji Mokhtar, Annaba Algérie, 84 p.

94. **Sacchi, C. F et Testard P., 1971 -** Ecologie animale : Organismes et milieu. Ed. Doin,480 p.

95. **Sahli, Z., 2015. SITE PILOTE –** Parc National de Chréa –ALGERIE.

96. **Salomon, J, N., 2003.** Danger pollutions. Presses Univ de Bordeaux.169p.

97. **Samake, H., 2002.** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77p.

98. **Samuel, P., 2012.** Effets des polluants organiques persistants sur le comportement des poissons. Sciences agricoles. Université de La Rochelle, 2012. Français. NNT : 2012LAROS359. tel-00818410, p 222.

99. **Sanchez, W. ; Minier, C . ; Betoulle, S. ; Nedelec, R. ; Hinck, J.E. ; Porcher, J.M., 2012**. L'état de santé des poissons comme indicateur de la qualité des cours d'eau. Université du Havre, France.

100. **Savary, P., 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. *Ed. Territorial Voiron*. 261 p.

101. **Spilman, C.J., 1961.**Faune de France: Poissons d'eau douce. Fédération Française des Sociétés Naturelles. Tome 65. Paris, 303 p.

102. **Stellman, J, M.,2000.** Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. 3emme Edition Paris .4838p.

103. **Tchaker, F.Z., 2018.** Etude de l'efficacite globale des biopesticides et de pesticides de synthèse sur les ravageurs des essences forestières et des arbres fruitiers. Thèse de doctorat, Univ. Blida, Algérie, 247p.

104. **Tfeil, H. ; Mahfoudh, M. ; Moulay Mhamed, B.A. ; Aliyen, A. ; Yarba, L. et Vall Hmeyada, A.M., 2018.** Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux De Surface Et Étude De La Diversité Ichtyologique De Quelques Zones Humides Continentales En Mauritanie. *European Scientific Journal, 14(6):1857 - 7881*

105. **Toumi, I., 2010.** Contribution a l'étude bioécologique du peuplement ichtyologique de la région du Souf. Thèse Mag., Univ. Mohamed Khider Biskra, Algérie, 114p.

106. **Troll, W. et Lindsley, J., 1955.** A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem*., 216, pp. 655 – 660.

107. **Truhaut, R., 1977.** Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. *Ecotoxicol Environ Saf, 1 :151-173.*

108. **UICN., 2006 :** Union Mondiale pour la Nature, Statut UICN En danger

109. **Weil, C. ; Fostier, A. et Billard, R., 1986.** Induced spawning (ovulation and spermation) in carp and related species. *in* Aquaculture of cyprinids. Billard, R. et Marcel, J. Editeurs, INRA, Paris, 119-137.

110. **Win Decoen, T., 2000.** Influence of metals on reproduction, mortality and population growth in *Onychiurus armatus (Collembola). Jour. of Applied Ecol.* 22, pp. 967-978.

111. Valton, E., 2012. Développement de biomarqueur Sentinelle en réponse à la pollution aquatique à partir de l'expression de protéines de phénotype « Multidrug Resistance » dans les érythrocytes de la truite *Salmo trutta fario*. Thèse.Doc. Univ. Blaise Pascal.137p.

112. Van der Oost R., Beyer J. et Vermeulen N.P.E., 2003, Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: *a review, Environmental Toxicology and Pharmacology, 13 (2): 57-149.*

113. Zeghoud, M., 2014. Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra.thèse,Master,71p.

114. Zella, L., 2007. L'eau pénurie ou incurie. Ed. Office des publications universitaires, Alger, 144 p.

ANNEXE

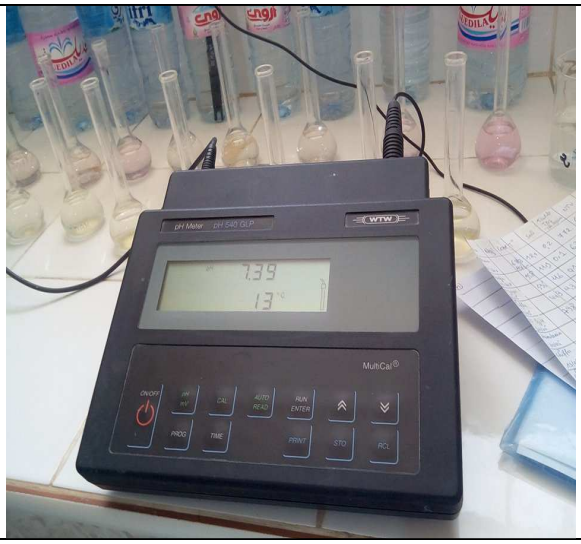
Les appareils utilisés



Étuve



Centrifugeuse



PH Mètre (marque : pH 540 GLP)



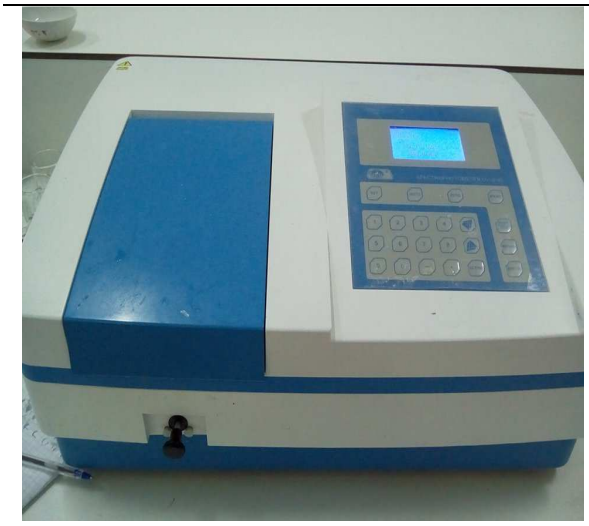
Balance de précision



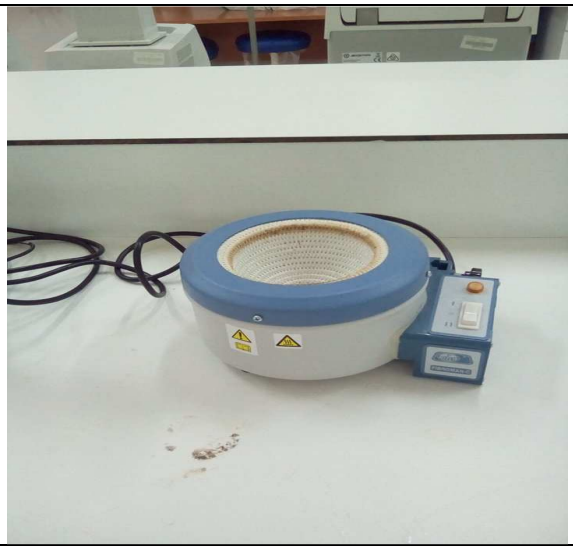
Conductimètre (marque : WTW LF 197)



Turbidimètre (marque HACH 2100 N)



Spectrophotomètre



Chauffe ballon



Les différentes étapes de la dissection et prélèvement d'organes