

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE 8 MAI 1945 - GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



THÈSE

EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE
DOCTEUR EN SCIENCES BIOLOGIQUES

THÈME

**Approche spatio-temporelle de l'ichtyofaune du
bassin de la Seybouse (Algérie, Nord-Est)**

Présentée par :

BOUCHELAGHEM EL Hadi

Devant le jury

| | | |
|---------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Prof. HOUHAMDI Moussa | Président | Université 8 mai 1945 - Guelma |
| Prof. DERBAL Farid | Directeur de thèse | Université Badji Mokhtar, Annaba |
| Prof. KACHI Slimane | Examineur | Université 8 mai 1945 - Guelma |
| Prof. SI BACHIR Abdelkrim | Examineur | Université Mostefa Benboulaïd - Batna |

Année Universitaire 2016/2017

DEDICACES

A la mémoire de mon père,

Jamais je ne saurais m'exprimer quant aux sacrifices et dévouement que vous avez consacrés à mon éducation et mes études.

Qu'Allah vous accueille dans son paradis.

A ma très chère mère,

Rien au monde ne pourrait compenser les sacrifices et l'endurance que vous avez du subir pour nous élever. Afin que je puisse me consacrer pleinement à mes études.

Seul Dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous.

A mes chères filles adorables : Selma, Sara, Maha et Alaa
Ma raison et ma joie de vivre.....

A ma très chère femme

Tes sacrifices, ton soutien moral, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études.

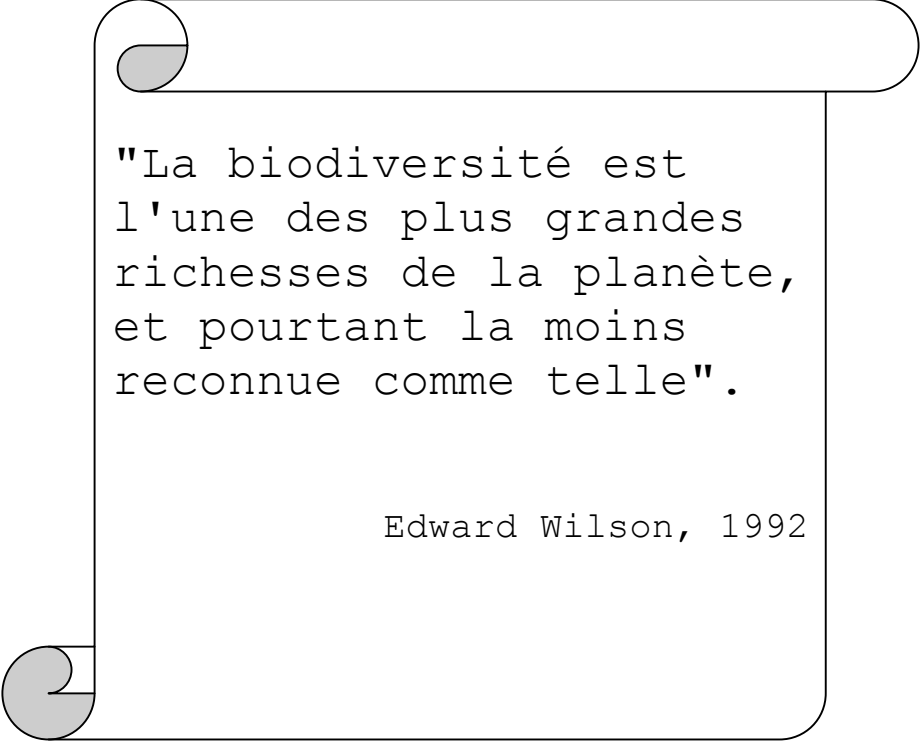
Un grand merci aux Frérots et Sœurette, ainsi qu'à ma famille, qui ont su me soutenir, me changer les idées et me remonter le moral durant les moments durs.

A ma belle famille pour son soutien et son amour.

A tous les collègues et promotionnaires,

Soyez toujours guidés par des actions lucides; courage dans la vie et bonne chance.

A tous ceux qui me sont chers, un grand merci à vous tous.



"La biodiversité est
l'une des plus grandes
richesses de la planète,
et pourtant la moins
reconnue comme telle".

Edward Wilson, 1992

REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce point culminant de mon cheminement académique. Je ne pourrais ainsi passer sous silence leur contribution. Je souhaite remercier l'ensemble, du laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides (LRCZH) et du laboratoire Biologie, Eau et Environnement (LBEE), Université 8 Mai 1945 – Guelma; qui ont bien voulu apporter leur contribution à la réalisation de cette thèse.

La tradition scientifique m'offre, en la circonstance, l'agréable opportunité de saluer, à différents niveaux, des acteurs ayant concouru à l'aboutissement de cette recherche. Dans cette perspective, mes remerciements s'adressent en premier à mon directeur de recherche Professeur DERBAL F. pour son accompagnement constant dans l'univers complexe de la recherche et de ses codes. Ses critiques pertinentes ainsi que ses suggestions ont permis assurément de traquer les imperfections de ce manuscrit qui a gagné en qualité grâce à ses commentaires avisés. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de mon entière reconnaissance.

Je remercie vivement Mademoiselle REGGAM A., (Maitre Assistante B, Université M'hamed Bougara Boumerdès) pour son soutien depuis le terrain, sa précieuse expertise au laboratoire et pour avoir travaillé de pair avec moi sur la production scientifique. Votre présence m'a été d'un grand secours.

Je remercie également Monsieur REGGAM A., d'avoir contribué efficacement à la traduction des résumés. Qu'il trouve ici le témoignage de ma sincère gratitude.

Profonde et sincère gratitude à l'endroit de Monsieur MAHMOUDI E., Professeur d'écologie numérique à la Faculté des Sciences de Bizerte – Université de Carthage –Tunisie, qui m'a tout le temps soutenu et qui a accepté de suivre à terme ce travail malgré ses multiples occupations.

Je suis très reconnaissant envers Monsieur le Professeur MAOUI A., (Professeur, Université 8 mai 1945-Guelma) dont les critiques, les conseils et la gentillesse m'ont été d'une aide précieuse pour ce travail.

Mes remerciements s'adressent ensuite à Monsieur OUNISSI M., Professeur en Limnologie et directeur de laboratoire d'Environnement littoral à l'université d'Annaba et Monsieur HARIDI A., Maître de conférence au Département des sciences de la mer, Université d'Annaba pour le soutien moral qu'ils m'ont apporté au cours de ce travail.

J'exprime toute ma reconnaissance à Messieurs : ELLAGOUNE A., Chef de Station (ADE) et AMRAOUI S. chef de labo, pour avoir bien accueilli et facilité notre intégration. Que Mesdemoiselles, BAOUT M. et BOUCHEBOUT S., Mesdames; REGIMI N., CHOUAREF R., FISLI A., DRIDRI W., trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour nous avoir accueillie dans leur laboratoire et nous avoir offert les moyens et beaucoup de facilités techniques dans nos expériences.

Ce travail a été rendu possible grâce à la collaboration étroite avec l'Office National de la météorologie de Constantine et de Guelma et ne saurait être mené à de meilleurs résultats sans leurs précieuses données météorologiques.

Le présent travail a été conduit à terme grâce à la précieuse contribution scientifique et morale de plusieurs personnes. Qu'il me soit permis de les remercier.

Je ne saurais jamais remercier assez Monsieur HOUHAMDI M. (Professeur, Université 8 mai 1945-Guelma) de sa constante disponibilité et de ses conseils précieux. Ainsi, malgré ses nombreuses responsabilités, m'a fait un grand honneur en présidant ce jury et en examinant ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens à exprimer ma haute gratitude à Monsieur SI BACHIR A. (Professeur, Université de Batna 2), qui a accepté de faire partie de ce jury de thèse. Sa gentillesse, sa disponibilité et surtout ses travaux dans le domaine des peuplements ichtyologiques dulçaquicoles d'Algérie, me seront certainement profitable. J'espère pouvoir continuer à bénéficier dans l'avenir de sa haute compétence dans le domaine ichtyologique.

Je tiens tout particulièrement, à remercier Monsieur KACHI S. (Professeur, Université 8 mai 1945-Guelma) pour son aide, et surtout pour son amitié, sa compréhension et son soutien moral, qui m'a fait un grand honneur en examinant ce travail. Qu'il trouve ici le témoignage de ma sincère gratitude.

Enfin, un tel exercice expose toujours son auteur à des omissions inévitables. C'est pourquoi, je témoigne ma plus grande gratitude à toutes les personnes qui m'ont été utiles de près ou de loin et avec qui j'ai pu partager un moment, une difficulté, un sourire, un café ou un morceau de gâteau...

Mes derniers remerciements vont tout naturellement à mes parents, à tous mes frères et sœurs, à mon épouse et à mes enfants qui m'ont soutenu et m'ont permis d'aller jusqu'au bout de ce projet de thèse.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE 1 : ETUDES ANTERIEURES SUR L'ICHTYOFAUNE DULÇAQUICOLE | |
| D'ALGERIE | 4 |
| 1.1. Historique des études de l'ichtyofaune algérienne | 4 |
| 1.2. Ichtyofaune autochtone | 4 |
| 1.3. Ichtyofaune allochtone | 8 |
| 1.4. Conclusion. | 10 |
| CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA REGION D'ETUDE | 11 |
| 2.1. Position géographique | 11 |
| 2.2. Contexte hydrogéologique | 11 |
| 2.2.1. Caractéristiques physiques | 11 |
| 2.2.2. Réseau hydrographique | 12 |
| 2.2.2.1. Nappes alluviales | 14 |
| 2.2.2.2. Barrages de régulation | 14 |
| 2.2.2.3. Eaux géothermales | 14 |
| 2.3. Biodiversité | 15 |
| 2.3.1. végétation | 15 |
| 2.3.2. Faune..... | 16 |
| 2.4. Contexte climatique..... | 17 |
| 2.4.1. Température | 18 |
| 2.4.2. Régime pluviométrique | 21 |
| 2.4.2.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls | 23 |
| 2.4.2.2. Quotient pluviométrique d'Emberger | 24 |
| 2.4.2.3. Hygrométrie | 27 |
| 2.5. Contexte socio-économique..... | 28 |
| 2.5.1. Activités industrielles | 29 |
| 2.5.2. Activités agricoles | 29 |
| 2.5.3. Activités halieutiques et aquacoles | 30 |
| 2.6. Conclusion. | 30 |
| CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES | 31 |
| 3.1. Description du site d'étude | 31 |
| 3.2. Choix des stations et stratégie d'échantillonnage | 31 |
| 3.2.1. Analyse de la qualité physico-chimique des cours d'eau | 35 |
| 3.2.1.1. Mesures <i>in situ</i> | 35 |
| 3.2.1.2. Dosages au laboratoire | 35 |
| 3.2.2. Techniques de pêche du peuplement ichtyologique | 36 |
| 3.2.2.1. Pêche électrique..... | 37 |
| 3.2.2.2. Pêche au filet maillant | 37 |
| 3.3. Caractéristiques taxonomiques et morphométrique de l'ichtyofaune | 38 |
| 3.3.1. Caractéristiques morphométriques | 38 |
| 3.4. Méthodes d'analyse de la structure du peuplement ichtyologique | 39 |
| 3.4.1. Indices écologiques | 39 |
| 3.4.1.1. Fréquence d'occurrence | 40 |

| | |
|---|----|
| 3.4.1.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver (1963) (I_{sh}) | 40 |
| 3.4.1.3. Indice d'équitabilité de Piélou (1966) (J') | 42 |
| 3.4.1.4. Indice de diversité de Simpson (1949) | 42 |
| 3.4.1.5. Indice de diversité de Hill (1973)..... | 42 |
| 3.5. Analyses statistiques | 43 |
| CHAPITRE 4 : RESULTATS | 45 |
| 4.1. Caractéristiques environnementales | 45 |
| 4.1.1. Evolution spatiotemporelle des Paramètres physiques | 45 |
| 4.1.1.1. Température..... | 45 |
| 4.1.1.2. Potentiel hydrogène | 45 |
| 4.1.1.3. Conductivité électrique | 46 |
| 4.1.1.4. Salinité..... | 46 |
| 4.1.1.5. Potentiel d'oxydoréduction | 47 |
| 4.1.1.6. Oxygène dissous | 48 |
| 4.1.1.7. Turbidité | 48 |
| 4.1.2. Evolution spatiotemporelle des Paramètres chimiques | 49 |
| 4.1.2.1. Calcium | 49 |
| 4.1.2.2. Magnésium | 49 |
| 4.1.2.3. Dureté totale (titre hydrotimétrique total | 50 |
| 4.1.2.4. Chlorure | 50 |
| 4.1.2.5. Potassium | 51 |
| 4.1.2.6. Sulfates | 51 |
| 4.1.2.7. Résidu sec | 52 |
| 4.1.3. Évolution spatiotemporelle des paramètres de pollution | 52 |
| 4.1.3.1. Nitrates | 52 |
| 4.1.3.2. Nitrites | 53 |
| 4.1.3.3. Ammonium | 54 |
| 4.1.3.4. Ortho phosphates | 54 |
| 4.1.3.5. Matière organique | 55 |
| 4.1.3.6. Matière en suspension | 55 |
| 4.2. Composition et structure des ichtyocénoses autochtones | 56 |
| 4.2.1. Description de l'ichtyofaune globale | 56 |
| 4.2.2. <i>Barbus callensis</i> (Valenciennes, 1842)..... | 57 |
| 4.2.3. <i>Pseudophoxinus callensis</i> (Guichenot, 1850)..... | 58 |
| 4.2.4. <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) | 59 |
| 4.2.5. <i>Mugil auratus</i> (Risso, 1810)..... | 61 |
| 4.2.6. <i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758) | 62 |
| 4.2.7. <i>Dicentrarchus punctatus</i> (Bloch, 1792)..... | 63 |
| 4.2.8. <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus 1758)..... | 64 |
| 4.3. Indices écologiques | 66 |
| 4.3.1. Fréquence d'occurrence des espèces capturées | 66 |
| 4.3.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver Ish (1963)..... | 66 |
| 4.3.3. Indice de diversité de Simpson (1949)..... | 67 |
| 4.3.4. Indice de diversité de Hill (1973) | 67 |
| 4.4. Analyses statistiques | 68 |
| 4.4.1. Paramètres physico-chimiques | 68 |
| 4.4.2. Paramètres biométriques | 70 |
| 4.4.2.1. Box plot | 71 |
| 4.4.3. Comparaison statistique des caractéristiques biotiques et abiotiques | 73 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.4. Analyse en composantes principales (ACP) entre les paramètres physicochimiques et biométriques | 75 |
| 4.4.5. Relation entre les deux premières composantes principales et les variables | 76 |
| 4.4.6. Matrice de corrélation | 78 |
| CHAPITRE 5 : DISCUSSION | 79 |
| 5.1. Caractéristiques environnementales | 79 |
| 5.2. Caractérisation et structuration du peuplement ichtyologique | 83 |
| CONCLUSION GENERALE | 88 |
| BIBLIOGRAPHIE | 92 |
| ANNEXES | 104 |
| RÉSUMÉS | |

TABLE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1. Répartition, par familles, de l'ichtyofaune algérienne..... | 7 |
| Figure 2. Limites du bassin de la Seybouse. | 12 |
| Figure 3. Evolution mensuelle des températures atmosphériques moyennes à la station de S. Ahras (période 2004-2013)..... | 19 |
| Figure 4. Evolution mensuelle des températures atmosphériques moyennes à la station de Guelma (période 1994-2014)..... | 20 |
| Figure 5. Evolution mensuelle des températures atmosphériques moyennes à la station d'Annaba (période 2004-2013) | 20 |
| Figure 6. Evolution du niveau pluviométrique à la station de S. Ahras (période 2004-2013)..... | 21 |
| Figure 7. Evolution du niveau pluviométrique à la station de Guelma (période 1994-2014) | 22 |
| Figure 8. Evolution du niveau pluviométrique à la station d'Annaba (période 2004-2013) | 23 |
| Figure 9. Diagramme de Bagnouls et Gausсен à la station de S. Ahras (période 2004-2013) | 23 |
| Figure 10. Diagramme de Bagnouls et Gausсен à la station de Guelma (période 1994-2014) | 24 |
| Figure 11. Diagramme de Bagnouls et Gausсен à la station d'Annaba (période 2004-2013) | 24 |
| Figure 12. Climagramme pluviothermique d'Emberger des stations d'étude..... | 27 |
| Figure 13. Evolution mensuelle de l'humidité relative atmosphérique des sites d'étude | 28 |
| Figure 14. Limites du bassin de la Seybouse et localisation des stations de prélèvement. | 35 |
| Figure 15. Description et principe de fonctionnement d'un filet trémail | 38 |
| Figure 16. Principales longueurs prises sur les poissons (exemple : <i>Barbus callensis</i> , dans le cas présent) | 39 |
| Figure 17. Variabilité spatiotemporelle de la température. | 45 |
| Figure 18. Variabilité spatiotemporelle du Potentiel hydrogène.. | 46 |

| | |
|--|----|
| Figure 19. Variabilité spatiotemporelle de la Conductivité électrique.. | 46 |
| Figure 20. Variabilité spatiotemporelle de la de la salinité... | 47 |
| Figure 21. Variabilité spatiotemporelle de Potentiel redox..... | 47 |
| Figure 22. Variabilité spatiotemporelle de l'Oxygène dissous..... | 48 |
| Figure 23. Variabilité spatiotemporelle de la turbidité.... | 48 |
| Figure 24. Variabilité spatiotemporelle de calcium..... | 49 |
| Figure 25. Variabilité spatiotemporelle de magnésium..... | 50 |
| Figure 26. Variabilité spatiotemporelle de la dureté totale | 50 |
| Figure 27. Variabilité spatiotemporelle des chlorures | 51 |
| Figure 28. Variabilité spatiotemporelle de potassium | 51 |
| Figure 29. Variabilité spatiotemporelle de sulfate | 52 |
| Figure 30. Variabilité spatiotemporelle de Résidu sec | 52 |
| Figure31. Variabilité spatiotemporelle de nitrate | 53 |
| Figure 32. Variabilité spatiotemporelle de nitrite..... | 53 |
| Figure 33. Variabilité spatiotemporelle des ions d'ammonium | 54 |
| Figure 34. Variabilité spatiotemporelle des phosphates | 54 |
| Figure 35. Variabilité spatiotemporelle de la matière organique | 55 |
| Figure 36. Variabilité spatiotemporelle de la matière en suspension | 56 |
| Figure 37. Représentation en Box plot des longueurs totales de <i>B. callensis</i> pour les 3 stations (a) et en fonction des saisons (b) | 72 |
| Figure 38. Représentation en Box plot des poids totaux de <i>B. callensis</i> pour les 3 stations (a) et en fonction des saisons (b) | 73 |
| Figure 39. Projection des variables et des observations (stations de prélèvement) considérées au bassin de la Seybouse au cours des années d'échantillonnage (2011-2014) sur les axes F1 (en traits continus) et F2 (en traits discontinus)..... | 77 |

TABLE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Inventaire de l'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie et leur statut dans la liste rouge de l'IUCN 2006 (EN : en danger; NT : quasi menacé). | 5 |
| Tableau 2. Répartition par surface des sous-bassins de la Seybouse..... | 11 |
| Tableau 3. Températures et précipitations moyennes à la station de Souk Ahras (Période 2004-2013) | 25 |
| Tableau 4. Températures et précipitations moyennes à la station de Guelma (Période 1994 -2014) | 26 |
| Tableau 5. Températures et précipitations moyennes à la station d'Annaba (Période 2004-2013) | 26 |
| Tableau 6. Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air (HR en %) de 2004 à 2013..... | 27 |
| Tableau 7. Liste des introductions d'espèces allochtones dans la zone d'étude..... | 30 |
| Tableau 8. Composition et abondance ichtyologiques dans le bassin de la Seybouse .. | 57 |
| Tableau 9. Fréquences d'occurrences d'espèces capturées..... | 66 |
| Tableau 10. Indices de diversité et d'équitabilité dans la zone d'étude | 67 |
| Tableau 11. Indices de Simpson dans la zone d'étude..... | 67 |
| Tableau 12. Indices de Simpson dans la zone d'étude..... | 67 |
| Tableau 13. Variabilité des indices de Shannon, de Simpson, de Hill, de la richesse spécifique et de l'équitabilité aux trois sites de prélèvement dans le bassin de la Seybouse..... | 67 |
| Tableau 14. Valeurs moyennes annuelles des analyses physico-chimiques relevées dans Les trois stations prospectées durant la période d'échantillonnage | 70 |
| Tableau 15. Caractéristiques métriques (mm) et pondérales (g), valeurs limites et moyennes relevées sur <i>Barbus callensis</i> du bassin de la Seybouse pendant la période d'échantillonnage (2011-2014)..... | 71 |
| Tableau 16. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA), test de comparaison multiple HSD de Tukey des moyennes métriques et physico-chimiques pris deux à deux, relevées dans les trois stations prospectées durant la période d'échantillonnage (2011- 2014) .. | 74 |
| Tableau 17. Discrimination des groupes de variables en fonction de leurs coordonnées (COOR) et de leurs contributions relatives (CTR) sur les 2 premières composantes principales et de leur proximité années (2011-2014)..... | 76 |

| | |
|--|----|
| Tableau 18. Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre les variables étudiées..... | 78 |
|--|----|

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

| | |
|--|----|
| Photo 1. Station I (Moulin Rochefort) | 32 |
| Photo 2. Station II (Taya) | 33 |
| Photo 3. Station III (Sidi Salem). | 34 |
| Photo 4. Déroulement d'une pêche électrique dans un cours d'eau. | 37 |

TABLE DES ANNEXES

| | |
|---|-----|
| Annexe 1. Températures mensuelles à la station de S. Ahras (Années 2004 -2013)... | 104 |
| Annexe 2. Températures mensuelles à la station de Guelma (Années 1994-2014)..... | 104 |
| Annexe 3. Températures mensuelles à la station d'Annaba (Années 2004 -2013)..... | 104 |
| Annexe 4. Précipitation totale mensuelle à la station de S. Ahras (Années 2004 -2013) | 105 |
| Annexe 5. Précipitation totale mensuelle à la station de Guelma (Années 1994 -2014) | 105 |
| Annexe 6. Précipitation totale mensuelle à la station d'Annaba (Années 2004 -2013) | 106 |
| Annexe 7. Données climatiques (Précipitations et Températures) à la station de S. Ahras (Années 2003 -2013) | 106 |
| Annexe 8. Données climatiques (Précipitations et Températures) à la station de Guelma (Années 1994-2014) | 106 |
| Annexe 9. Données climatiques (Précipitations et Températures) à la station d'Annaba (Années 2003-2013) | 106 |
| Annexe 10. Humidité relative atmosphérique mensuelle des sites d'étude (2004-2013) | 107 |
| Annexe 11. Barbeau <i>Barbus callensis</i> (Valenciennes, 1842) | 108 |
| Annexe 12. Able de Chaignon <i>Pseudophoxinus callensis</i> (Guichenot, 1850) | 108 |
| Annexe 13. Mulet à grosse tête <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) | 109 |

| | |
|---|-----|
| Annexe 14. Mulet doré <i>Mugil auratus</i> (Risso, 1810) | 109 |
| Annexe 15. Bar européen <i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)) | 110 |
| Annexe 16. Bar moucheté <i>Dicentrarchus punctatus</i> (Bloch, 1792) | 110 |
| Annexe 17. Anguille d'Europe <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus 1758) | 111 |

LISTE DES ACRONYMES

ACP : analyse en composantes principales

Ca²⁺: Calcium

CaCO₃ : carbonate de calcium

Cl⁻: Chlorure

EC : Conductivité électrique

Eh : Potentiel d'oxydoréduction

GPS: Global Positioning System

GVS : GUIDE DES VERTEBRES DU SAHARA

K⁺: Potassium

Lf : longueur à la fourche

Ls : longueur standard

Lt : longueur totale

MDDEP : Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec

MES : Matières en suspension

Mg²⁺: Magnésium

M.O : Matière organique

NH₄⁺: Ions d'ammonium

NO₂⁻: Nitrite

NO₃⁻: Nitrates

OD : Oxygène dissous

ONDPA : Office National de Développement de la pêche et de l'aquaculture

pH : Potentiel hydrogène

PO_4^{3-} : Ortho phosphates

RS : Résidu sec

SAL : Salinité

SEQ-Eau : Grille du système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau

SO_4^- : Sulfates

T: Température

THT : Dureté totale (titre hydrotimétrique total)

TU : Turbidité

Wé : poids éviscéré

Wt : poids total



INTRODUCTION GENERALE

Le développement continu et accéléré de la société humaine se traduit par une pression croissante exercée sur l'environnement. Par conséquent, la préoccupation pour un développement durable s'est imposée grandement depuis plusieurs décennies.

L'évaluation de ces pressions et de leurs impacts sur les milieux aquatiques reste un véritable enjeu technique et scientifique : la connaissance et les outils d'aide à la décision progressent dans différents domaines mais il faut rester mobilisé pour appréhender au mieux ces pressions, leurs impacts environnementaux réels et donc les meilleurs moyens pour les maîtriser.

Le principe fondamental de l'écologie consiste à étudier les interactions biotiques -êtres vivants entre eux et l'analyse des interactions entre êtres vivants et leur milieu physique (Margalef, 1968). Les perturbations des milieux aquatiques, qui résultent des activités humaines, causent un changement des conditions et des processus biologiques ce qui se répercute grandement sur leur intégrité (Karr *et al.*, 1986). L'intégrité d'un système biologique décline si le régime naturel de perturbations est altéré par la présence, l'intensité et la fréquence d'une perturbation qui va au-delà de l'expérience adaptative du biote, spécialement si cette perturbation est permanente (Karr, 1996). La dégradation des écosystèmes d'eau courante se traduit par l'action unique ou conjuguée de stress chimiques ou physiques qui s'y opèrent et qui produisent une séquence typique de changements biotiques avec l'augmentation des pressions (Davies et Jackson, 2006). Ces milieux perdent ainsi leur intégrité écologique au fur et à mesure que les pressions qui pèsent sur eux s'accumulent et qu'il y a des altérations des conditions physiques, chimiques et biologiques qui devraient y prévaloir.

L'étude du milieu physique à travers le suivi des paramètres abiotiques est fondamentale puisqu'ils conditionnent inéluctablement la vie des organismes vivants et assure un certain équilibre naturel entre les différents compartiments biotiques mis en place. Sur le plan écologique et économique, les peuplements ichtyologiques dulçaquicoles sont considérés comme étant la cible des principales nuisances anthropiques limitrophes d'origine domestique ou industrielle (Evrard et Powell, 2002).

En Algérie, les travaux relatifs à l'ichtyodiversité sont très anciens (Cuvier et Valenciennes, 1842; Guichenot, 1850; Gervais, 1853; Gauthier, 1928; Almaça, 1969, 1972, 1977 et 1979). Au cours des deux dernières décennies, l'intérêt pour l'écobiologie des peuplements ichtyologiques des plans d'eaux artificiels et naturels s'est accru davantage en raison de l'exploitation commerciale de cette ressource halieutique dans certaines localités du pays (Bouhaddad et Asselah, 1998; Zouakh *et al.*, 2004; Blanco *et*

al., 2006; Bacha et Amara, 2007; Kara, 2011; Ould Rouis *et al.*, 2012). La connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie s'est même élargie aux écosystèmes aquatiques sahariens (Chaïbi *et al.*, 2012, 2015 ; Guezi et Kara, 2015 ; Guezi, 2016).

Dans la région de l'Est d'Algérie se situe le bassin de la Seybouse qui est considéré de par sa superficie (environ 6500 km²), comme étant le plus vaste fleuve du pays (Anonyme, 2002). Sur ce bassin versant s'exercent d'intenses activités agricoles (céréales et cultures maraîchères) et industrielles (plus de 70 usines dont les plus importantes situées au voisinage de la Seybouse maritime) (Aouanallah, 2007). La population riveraine y exerce aussi tout le long de l'année une pêche artisanale et sportive. Cette rivière, aménagée en cinq barrages, abrite une ichthyofaune aussi bien autochtone (*Pseudophoxinus punicus*, *Anguilla anguilla*, *Barbus callensis*) (Darwall *et al.*, 2015) qu'allochtone (*Cyprinus carpio* et *Carassius carassius*) (Kara, 2011).

De par son importance, la Seybouse a fait l'objet de plusieurs études, tant sur le plan hydrologique et morphodynamique (Khanchoul *et al.*, 2012; Djabri *et al.*, 2000), qu'hydrochimique (Ounissi *et al.*, 2006 et 2014; Aounallah, 2015; Reggam *et al.*, 2015) et écologique (Khelifa *et al.*, 2011; Chaïb *et al.*, 2013). Par contre, les travaux relatifs à la description du peuplement ichthyologique et ses éventuelles réponses aux principales pressions environnementales sont absentes malgré la demande croissante des gestionnaires qui doivent souvent agir dans un contexte réglementaire toujours plus sévère (Argillier *et al.*, 2002). Or la dynamique spatiale des populations piscicoles est un indicateur d'autant plus pertinent de la qualité globale des cours d'eau, qu'il se trouve en aval de la chaîne trophique (Touchart et Clave, 2009). En effet, les poissons sont sensibles aux variations du milieu et se caractérisent par leurs importantes capacités de déplacement, leur forte longévité, et l'évolution de leur niche écologique au cours de leur développement ontogénique (Werner et Gilliam, 1984). Ils offrent de ce fait d'excellents modèles biologiques en étant susceptibles de répondre à l'hétérogénéité de l'habitat à des échelles spatiales et temporelles très diverses (Poizat, 1993).

Notre étude s'inscrit dans cette problématique et tente d'examiner plus précisément les relations entre le compartiment ichthyologique et son environnement physico-chimique immédiat, à différentes échelles altitudinales du bassin de la Seybouse. La dynamique spatio-temporelle du peuplement dulçaquicole au bassin de la Seybouse doit donc permettre, outre une meilleure connaissance de la ressource locale, d'apporter de nouveaux éléments quant aux caractéristiques fonctionnelles des milieux continentaux et estuariens de l'Afrique du Nord. Elle s'inscrit dans le cadre de l'étude

des échanges et interactions entre écosystèmes adjacents avec pour objectifs principaux: (i) la description de la composition de la faune ichtyologique du bassin de la Seybouse, en vue de replacer les résultats dans une perspective régionale puis (ii) l'étude de l'évolution de la structure et de la dynamique spatio-temporelles du peuplement ichtyologique au cours d'un cycle annuel vis-à-vis des principaux paramètres environnementaux. Les résultats capitalisés seront considérés fondamentaux en termes de monitoring et d'aménagement du patrimoine aussi bien à l'échelle locale que régionale.

Méthodologiquement, le manuscrit est organisé de la manière suivante: après une introduction générale qui expose la problématique et les résultats attendus de cette investigation, nous avons brièvement présenté dans le premier chapitre un historique des travaux sur l'ichtyofaune d'Algérie avec une description exhaustive des espèces allochtones et autochtones. Le chapitre suivant est une synthèse des connaissances sur les caractéristiques physiques et hydrogéologiques de la zone d'étude avec un intérêt particulier pour les conditions climatiques du bassin de la Seybouse. Le troisième chapitre décrit les méthodes d'analyse mises en œuvre en reprenant les principaux protocoles expérimentaux de bioévaluation de la qualité de l'eau utilisés dans le monde. Ce chapitre permet de présenter la problématique de cette thèse, la caractérisation des biotopes et habitats en tant que terrain d'échantillonnage de la faune ichtyologique, dont la connaissance est indispensable pour la compréhension du fonctionnement de cet écosystème. Les lieux de pêches expérimentales réalisées au moyen d'engins destructifs (filet et pêche électrique) ont été décrits et justifiés. La caractérisation morphométrique et la structure du peuplement ichtyologique sont également décrites à travers des indices écologiques et des tests statistiques appropriés. Tous les résultats sont consignés dans le chapitre 4 puis commentés dans la discussion qui fait l'objet du chapitre 5. Dans ce dernier, les analyses ichtyofauniques obtenues pour chaque niveau sont comparées entre elles et servent de base à une approche quantitative conduisant à une interprétation aussi pertinente que possible, permettant l'acquisition de données écologiques pseudo-originelles, de la répartition spatiotemporelle de la faune ichtyologique à l'échelle du bassin de la Seybouse. Une partie des résultats a fait l'objet d'une publication de renommée établie qui est annexée à la fin du document. La thèse s'achève par une conclusion générale et des perspectives de recherche.



CHAPITRE 1

ETUDES ANTERIEURES SUR L'ICHTYOFAUNE DULÇAQUICOLE D'ALGERIE

1.1. Historique des études de l'ichtyofaune algérienne

Les travaux consacrés à l'ichtyofaune d'Afrique du Nord et plus particulièrement ceux de l'Algérie, demeurent très anciens et souvent fragmentaires. (Cuvier & Valenciennes, 1842; Guichenot, 1850; Gervais, 1853 et 1867, Playfair & Letourneux, 1871; Boulenger, 1909 et 1911; Cauvet, 1913 et 1915; Seurat, 1922; 1930 et 1941; Gauthier, 1928. Depuis la publication ancienne de la monographie de Pellegrin (1920, 1921 et 1939) sur les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord, peu d'études ichtyologiques des eaux continentales algériennes ont été réalisées. A notre connaissance, la majorité des auteurs se sont intéressés aux aspects taxonomiques et à la répartition spatiale (Dieuzeide, 1927 et 1932; Dieuzeide et Champagne, 1950; Dieuzeide et Roland, 1951; Bouton, 1957; Arrignon, 1962; Almaça, 1966, 1969, 1970a,b,c , 1972 et 1990; Dumont, 1981; Meddour, 1988 ; Le Berre, 1989; Arab, 1989; Bouhadad et Asselah, 1998) avec quelques indications spécifiques sur les barbeaux (Bouhadad, 1993 ; Doadrio *et al.*, 1994 et 1998). Au cours des deux dernières décennies, (Zouakh et al., 2004) se sont intéressés à l'ichtyofaune des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili, alors que (Bacha & Amara, 2007) ont accordé un intérêt particulier à l'ichtyofaune de la Soummam. Dans une note, (Lounaci-Daoudi, 2012) dresse une liste préliminaire des poissons d'eaux douces d'Algérie en introduisant quelques éléments d'écologie. Une mise à jour exhaustive des populations ichtyologiques dulçaquicoles autochtones et allochtones d'Algérie est établie par Kara en 2012. Au cours de ces dernières décennies les écosystèmes aquatiques désertiques dulçaquicoles et salés semblent susciter davantage l'intérêt de la communauté scientifique. Différents aspects ont été ainsi abordés : (i) la mise en valeur de l'ichtyofaune de la région des Aurès et du Sahara septentrional (Chaibi, 2014), (ii) la caractérisation hydrologique des lacs de la région de l'oued Righ (Gouasmia *et al.*, 2016) et de ses peuplements ichtyologiques (Le Berre, 1989; Doadrio *et al.*, 1994 ; Belarouci, 2005; Guezi et Kara, 2015; Guezi, 2016) ainsi que (iii) l'effet des facteurs environnementaux sur la distribution des poissons exotiques (Chaibi *et al.*, 2012).

1.2. Icthyofaune autochtone

De nombreuses études menées sur l'inventaire des poissons dulçaquicoles ont pour but d'apporter les connaissances nécessaires à leur préservation et à la

valorisation de leur potentiel économique. La majorité des espèces signalées ont été recensées entre 1842 et 1989. A partir d'analyses morphologique et génétique, Blanco et al. (2006) décrivent une nouvelle espèce d'Aphanius (*Aphanius saourensis*) native d'Algérie. La première synthèse bibliographique de l'ichtyofaune des eaux continentales a été dressée par Bacha & Amara (2007) dans laquelle les auteurs avaient signalé la présence de 45 espèces appartenant à 19 familles. Parmi ces espèces, 29 sont considérés autochtones et 16 introduites. Globalement, l'ichtyofaune est caractérisée par la prédominance des Cyprinidae (24%), des Mugilidae (11%) et Cichlidae (11%). Parmi les espèces autochtones, 4 figurent sur la liste rouge des espèces en danger ou quasi-menacées de l'UICN (Tab. 1).

Tableau 1. Inventaire de l'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie et leur statut dans la liste rouge de l'IUCN 2006 (d'après Bacha et Amara, 2007 et Kara, 2012). (EN : endangered : en danger); (NT : nearthreatened : quasi menacé).

| Familles | Espèces autochtones | Espèces introduites |
|------------------------|---|---|
| Clupeiidae | <i>Alosa alosa</i> (Linné, 1758) <i>A. fallax</i> (Lacepède, 1803) | |
| Salmonidae | <i>Salmo trutta macrostigma</i> (Duméril, 1858) | <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792) |
| Cyprinidae | <i>Barbus callensis</i> (Valenciennes, 1842) <i>B. nasus</i> (Günther, 1874) (NT) <i>B. deserti</i> (Pellegrin, 1909) <i>Pseudophoxinus callensis</i> (Guichenot, 1850) | <i>Cyprinus carpio carpio</i> (Linné, 1758) <i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson, 1845) <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844) <i>Ctenopharyngodon idellus</i> (Valenciennes, 1844) <i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758) <i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Pseudorasbora parva</i> (Schlegel, 1842) |
| Anguillidae | <i>Anguilla anguilla</i> (Linné, 1758) | |
| Cyprinodontidae | <i>Aphanius apodus</i> (Gervais, 1853) <i>A. fasciatus</i> (Valenciennes, 1821) <i>A. iberus</i> (Valenciennes, 1846) (EN) <i>A. saourensis</i> (Blanco, Hrbek & Doadrio, 2006) (EN) | |
| Poeciliidae | | <i>Gambusia affinis</i> (Baird et Girard 1853) <i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859) |
| Esocidae | | <i>Esox lucius</i> (Linné, 1758) |
| Atherinidae | <i>Atherina boyeri</i> (Risso, 1810) | |
| Mugilidae | <i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827) <i>Liza ramada</i> (Risso, 1810) <i>L. aurata</i> (Risso, 1810) <i>L. saliens</i> (Risso, 1810) <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) | |
| Moronidae | <i>Dicentrarchus labrax</i> (Linné, 1758) <i>D. punctatus</i> (Bloch, 1792) | |
| Percidae | | <i>Sander lucioperca</i> (Linné, 1758) |
| Clariidae | <i>Clarias anguillaris</i> (Linnaeus, 1758) | <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) |
| Siluridae | | <i>Silurus glanis</i> (Linnaeus, 1758) |

| | | |
|------------------------|---|--|
| Gobiidae | <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810) <i>Gobius paganellus</i> (Linnaeus, 1758) | |
| Blennidae | <i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801) | |
| Gasterosteidae | <i>Gasterosteus aculeatus aculeatus</i> (Linnaeus, 1758) | |
| Cichlidae | <i>Hemichromis letourneuxi</i> (Sauvage, 1880) <i>Haplochromis desfontainii</i> (Lacépède, 1802) (EN) | <i>Oreochromis macrochir macrochir</i> (Boulanger, 1912) <i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852) <i>Tilapia zillii</i> (Gervais, 1848) |
| Syngnathidae | <i>Syngnathus abaster</i> (Risso, 1827) | |
| Petromyzontidae | <i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758) | |

En se référant à la synthèse bibliographique sur l'inventaire de l'ichtyofaune dulçaquicole d'Algérie (Lounaci-Daoudi, 2012) a pu dresser une liste de 67 espèces réparties en 27 familles et 45 genres. Quarante sept (47) sont natives dont 6 sont endémiques d'Afrique du Nord et 20 introduites.

- *Barbus deserti* (Pellegrin, 1909) endémique saharienne
- *Barbus biscarensis* Boulanger, 1911) endémique saharienne
- *Aphanius saourensis* (blanco, Hrbek & Doadrio, 2006) endémique saharienne
- *Aphanius apodus* (Gervais, 1853) endémique de l'Est de l'Algérie
- *Pseudophoxinus callensis* (Guichenot, 1850) endémique Algérie – Tunisie
- *Haplochromis desfontainii* (Lacépède, 1802) endémique Algérie-Tunisie

La richesse spécifique de l'ichtyofaune dulçaquicole d'Algérie paraît assez bien préservée et particulièrement riche et diversifiée que celle du Maroc (46 espèces), ou de la Tunisie (34 espèces) (Pellegrin, 1921 ; Almaça, 1970, 1976; Kraiem, 1983; Doadrio, 1994; Azeroual et al. 2000). Elle est caractérisée par la prédominance des éléments de la famille des Cyprinidae avec 11 genres et 18 espèces et dans une moindre mesure, les Cichlidae (5 genres, 8 espèces), les Mugilidae (3 genres, 5 espèces) et les Cyprinodontidae (1 genre, 4 espèces). Les familles restantes ne sont représentées que par une ou deux espèces.

Certaines dominances au niveau générique d'ordre qualitatif se détachent de la communauté. C'est le genre *barbus* qui est le plus diversifié avec 7 espèces dont *Barbus deserti* et *Barbus biscarensis* sont endémiques sahariennes. La figure 1 illustre la répartition par famille de la faune ichtyologique algérienne.

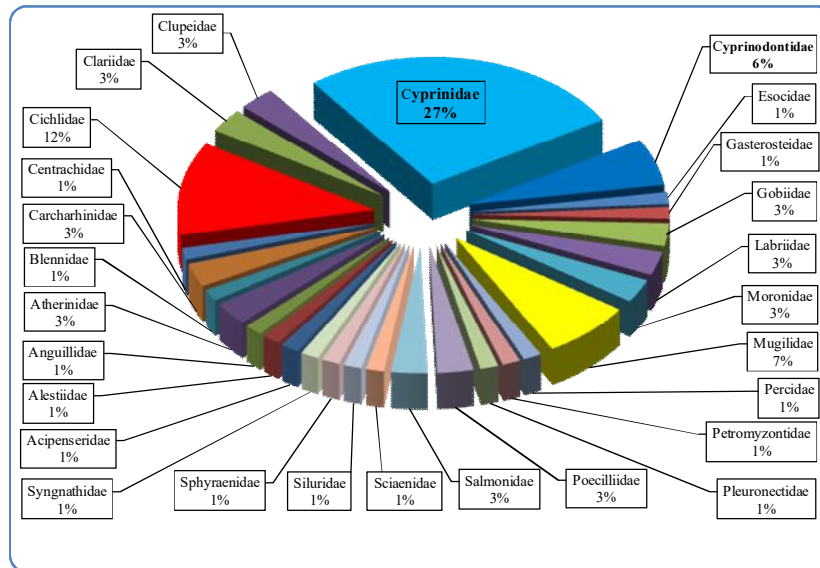


Figure 1. Répartition, par familles, de l'ichtyofaune algérienne

Pour l'Afrique du nord, le travail de Pellegrin (1921) constitue toujours une référence taxinomique incontournable. D'autres contributions sur la systématique et la phylogénie de certaines familles, notamment les Cyprinidae, ont permis de publier une faune actualisée, restent encore une référence utile, mais une révision complète de ces travaux serait nécessaire (Doadrio, 1994). Gervais (1853), dans ses remarques sur les poissons fluviatiles de l'Algérie, a signalé quatre espèces de barbeau (*Barbus callensis*, *B. setivimensis*, *B. longiceps* et *B. leptogon*). Par contre Almaça (1969), dans son étude critique des spécimens du Museum National d'Histoire naturelle de Paris, maintient, pour les barbeaux du Maroc, la classification de Pellegrin (1939). Ces espèces ont été inventoriées dans le Catalogue des poissons d'eau douce d'Afrique ou Cloffa (Daget et al., 1984, 1986a et b, 1991), mais depuis sa publication plusieurs espèces ont été décrites ou mises en synonymie à la suite de révisions taxinomiques. De même, l'utilisation de nouveaux outils taxinomiques (techniques moléculaires, marqueurs parasitaires spécifiques, signaux électriques, comportement) a facilité la révision de certains groupes taxinomiques basés auparavant sur les caractéristiques morphologiques. Bouhaddad (1993) reconnaît pour l'Algérie 5 espèces de barbeaux répartis en deux groupes :

- Le premier groupe est représenté par *Barbus callensis* et *Barbus setivimensis* qui se rencontrent dans les cours d'eau du Tell et des Hauts plateaux.
- Le second groupe composé de *Barbus antinorii*, *Barbus biscarensis*, *Barbus figuigensis*, fréquentent les écosystèmes aquatiques sahariens.

Doadrio (1994) et Tsigenopoulos (1999) considèrent que *Barbus lepineyi* et *B. issinensis* sont des synonymes de *B. pallaryi* et *B. massaensis*. Machordon et al., (1998), ayant utilisé l'outil moléculaire ont montré que *B. callensis* (Valenciennes, 1842) regroupe en fait deux espèces : *B. callensis* (Pellegrin, 1939) et *B. setivimensis* (Pellegrin, 1939). La classification de Froese et Pauly (2006), considère que *Barbus amguidensis*, *B. antinori*, *B. biscarensis*, *B. figuigensis*, *B. pallaryi* et *B. setivimensis* sont des synonymes de *B. callensis*. Cependant, il est à signaler que la systématique du genre *Barbus* nord africains nécessite une révision taxonomique plus approfondie en utilisant la génétique moléculaire vue les avis contradictoires sur les barbeaux (Lounaci-Daoudi, 2012). En effet, la systématique des éléments de ce genre est assez complexe et que d'une part, plusieurs espèces pourraient être confondues avec leurs hybrides ou leurs variétés locales; et d'autre part, les descriptions basées sur les caractères biométriques se traduisent en général par des conclusions disparates, cette discordance pourrait refléter des erreurs taxonomiques. En effet, il existe des divergences sur la notion d'espèces et de sous-espèces (Doadrio, 1994 ; Azeroual et al., 2000).

1.3. Ichtyofaune allochtone

Selon le biologiste français "Novella", les premiers essais furent réalisées en 1880 dans l'embouchure de la Macta (golf d'Arzew), par la suite des tentatives d'introduction de la gambusie (*Gambusia holbrooki*) (Playfair et Letourneux, 1871; Pellegrin, 1921) dans le nord du pays. En 1921, la station d'aquaculture et de pêche de Castiglione (devenue depuis Bousmail) est créée où d'illustres scientifiques se sont distingués (Boutan, Dieuzeide, Roland, Rose et autres). Le premier bulletin semestriel international sur l'aquaculture fût son apparition à partir de 1926. Le développement de la pisciculture dans les eaux continentales a connu son essor avec les premières opérations menées principalement par Bounhiol et Dieuzeide. En 1928, des tentatives d'introduction d'huitres (Ostreiculture) ont été aussi menées dans le port d'Alger (Dieuzeide et Argilas, 1928). Au cours de la même période la gambusie *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) a été introduite pour la première fois en Algérie en 1928, dans le cadre de la lutte biologique contre les larves d'Anophèles responsables du paludisme. L'opération de repeuplement a été initiée pour la première fois dans le bassin de Khemissa près de Souk-Ahras. En 1937, la station d'alevinage de Ghrib puis celle d'El Attaf (wilaya de Médéa et de Chlef

respectivement) sont édifiées en vue d'empoissonnement en truites arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) à partir d'œufs fécondés et de larves importées. Bien des années auparavant, une mission militaire accompagnée de scientifiques avait prospecté le massif du Bougaroun, à quelques 400 km à l'est d'Alger (Chalabi, 2000). Région montagneuse et broussailleuse, d'accès des plus difficiles, le flanc ouest du cap est parcouru de nombreux oueds, et une espèce de truite y avait été découverte à l'embouchure de l'oued Zhor, bien étudiée d'après les archives. Il semble qu'il s'agissait vraisemblablement de la truite arc-en-ciel *S. gairdneri*, peuplant aussi les massifs du Haut Atlas marocain. La présence de cette espèce est à l'origine des tentatives d'acclimatation menées dans les barrages cités ci-dessus. D'après les dernières informations recueillies, les oueds se seraient totalement asséchés dans les années 70 suite à une série d'incendies estivaux qui ont décimé le massif et fait disparaître irrémédiablement l'espèce et son biotope. En 1939, il a été procédé à l'empoissonnement des grands barrages réservoirs d'Algérie (Thevenin, 1939). En 1947, la station hydrobiologique du Mazafran est créée dans l'optique d'opérer à des repeuplements en poissons d'eau douce et de recherches hydrobiologiques. Entre 1962 et 1980, l'essentiel des actions d'introduction s'est effectuée sur les plans d'eaux de l'Est algérien et sur la station de Mazafran. En 1973, la lagune du Mellah est mise en valeur avec le développement de la conchyliculture (moules et huîtres). Une année après, une étude de mise en valeur du lac Oubeira a conduit à un projet d'installation d'une unité de production d'anguilles fumées. En 1978, la coopération algéro-chinoise est lancée et focalisée sur 2 axes: (i) l'initiation aux techniques de reproduction et d'alevinage pour la maîtrise des cycles de reproduction et de croissance de plusieurs espèces de carpes chinoises et (ii) la valorisation des sites hydriques de la région d'El-Kala comprenant la lagune du Mellah et les lacs Tonga et Oubeira. Entre 1985 et 1986, des plans d'eaux artificiels (barrages) furent peuplés ou repeuplés d'alevins et de géniteurs de phytophages et carnassiers dulçaquicoles importés de Hongrie: carpes royales (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), carpes à grande bouche (*Aristichthys nobilis* Richardson, 1845), carpes herbivores (*Ctenopharyngodon idella* Steindachner, 1866), carpes argentées (*Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes in Cuvier et Valenciennes, 1844) et sandres (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758). Des tentatives d'élevage de moule (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) en utilisant les filières sub-surfaces ont été initiées par l'ONDP en 1987 mais sans succès dans le chenal du Mellah. En 1990,

une éclosérie mobile est implantée à Harreza pour la reproduction de carpes (10 millions de larves), et une autre éclosérie de carpes à double capacité que la première a été implantée à Mazafran. En 1991, une opération d'empoisonnement de 6 millions d'alevins de carpes a été effectuée dans les barrages Baraka, Gargar, Meurdjet-El amel, Benaouda et dans le lac Oubeira.

Durant plusieurs décennies (1921 à 1993), aucune politique durable n'a permis de promouvoir le secteur de l'aquaculture. Juste avant la création d'un Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques en 2000, un inventaire des sites aquacoles à l'échelle nationale a été effectué au cours de l'année 1999. D'autres opérations d'importation ont suivi celle de 1991, dont celles de 2001 (importation de carpes argentées et herbivores de Hongrie), 2002 (importation de Tilapia d'Egypte) et 2006 (importation de carpes argentées et grandes bouches de Hongrie) (Oussaid, 2006). En 2000, le CNDPA (Centre National d'Etudes et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture) et l'ANDP (Agence Nationale pour le Développement des Pêches) sont créées. Dans le cadre de la politique sectorielle de recherche, il a été procédé à la mise en place d'un Centre National de Recherche pour le développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA). Aussi, le secteur de la pêche et pour venir compléter le travail du CNRDPA, un Laboratoire National de Contrôle et de l'Analyse des Produits de la Pêche et de l'Aquaculture et de la Salubrité des Milieux a été créé en 2012 et entré en activité en 2014.

1.4. Conclusion

La liste de la faune ichthyologique des eaux continentales algériennes reste incomplète et très mal connue, notamment celle des écosystèmes sahariens et ne peut donc pas courir le risque d'un appauvrissement consécutif à des activités humaines inconsidérées. Outre sa diversité 67 espèces réparties en 27 familles, elle présente à bien des égards une originalité par rapport à l'ichtyodiversité des eaux continentales nord-africaines, mais aussi particulièrement remarquable au sein de l'ensemble du pourtour méditerranéen. L'ensemble de ces informations militent en faveur de mesures conservatoires strictes pour protéger un patrimoine ichthyologique original qui a été relativement sauvegardé jusqu'à aujourd'hui du fait de la faible pression anthropique exercée sur les oueds.



CHAPITRE 2

CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA REGION D'ETUDE

2.1. Position géographique

Le site étudié est le bassin de la Seybouse situé à l'extrême nord-est algérien (35°45' et 37° Nord - 6°45' et 8° Est). Il jouxte la mer méditerranée au nord (Fig. 2), et prend naissance dans les hautes plaines de l'Atlas Tellien et s'étend jusqu'à son embouchure, qui se trouve à Sidi Salem près de la ville d'Annaba. Avec une superficie de 64 71 km² le bassin de la Seybouse occupe la troisième place quant à la superficie après El Kebir du Rhumel 8811 Km² et Madjerda-Mellegue 7942 Km². Il est divisé en six sous-bassins principaux (Tab. 2).

Tableau 2. Répartition par surface des sous-bassins de la Seybouse (Source : Sogetha et Sogreah , 1969 et 1976, Ghachi 1986 in A.B.H.- C.S.M.

| Sous – Bassins | Superficie (km ²) | Caractère général |
|----------------|-------------------------------|-------------------|
| 14-01 | 1739 | Haute Seybouse |
| 14-02 | 1166 | Haute Seybouse |
| 14-03 | 1136 | Moyenne Seybouse |
| 14-04 | 818 | Moyenne Seybouse |
| 14-05 | 555 | Moyenne Seybouse |
| 14-06 | 1057 | Basse Seybouse |
| Total | 6471 | |

2.2. Contexte géomorphologique

Le bassin de la Seybouse présente une grande diversité et se caractérise par un relief très accidenté. Les zones planes sont limitées en amont et en aval du bassin. Des points saillants constitués de roches dures, de vallées et de gorges fortement encaissées, creusées dans des schistes primaires sont observés au milieu du bassin dont l'achèvement du dernier mouvement tectonique date du Miopliocène (Ghachi, 1982).

2.2.1. Caractéristiques physiques

Au niveau du bassin de la Seybouse (Fig. 2) qui couvre une superficie de 6471 km², chevauche trois grandes terrasses physiographiques et bioclimatiques bien distinctes :

- celle des Hautes plaines (Haute -Seybouse) au Sud; qui comprend le sous bassin appelé 14-01;

- celle du tell méridional (Moyenne -Seybouse), qui débute au Moulin Rochefort, qui s'est noyé après la mise en eau des terrains submergés du barrage de Foug El Khanga, point où l'oued Cherf pénètre dans le Tell, et qui finit à Bouchegouf où cette oued devient alors la Seybouse proprement dite; couvrant les sous bassins : 14-02, 14-03, 14-04 et 14-05;

- celle du tell septentrional (Basse -Seybouse), entre Bouchegouf et Annaba, à travers laquelle l'oued garde le nom de Seybouse, qui appartient au sous bassin 14-06. Il comprend la Seybouse maritime: bassin de l'Oued Derdar, Oued Ressoul et la zone des plaines littorales. Ces grands ensembles physiques présentent des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement.



Figure 2. Limites du bassin de la Seybouse.

2.2.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau, affluents, et sous affluents, permanents ou temporaires, par lequel s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du sous bassin versant (Ghodbane, 2009). L'organisation du réseau hydrographique dans la région d'étude est commandée par l'agencement du relief. Il constitue un véritable château d'eau alimenté par les précipitations de type pluvial apportées par les perturbations d'origine Atlantique.

La principale particularité des cours d'eau de cette région consiste dans l'irrégularité de leur débit, à régime intermittent, caractère commun de la plupart des Oueds algériens. Le seul cours d'eau important est l'Oued Seybouse, formé peu avant son entrée dans la commune de Guelma, de l'Oued Cherf et de l'Oued Bouhamdane, leur confluent à lieu à Medjez-Amar. Il franchit alors un défilé assez étroit et pénètre dans le vaste bassin de Guelma qu'il traverse de toute sa longueur en direction nettement Ouest-Est.

En amont du bassin de la Seybouse, l'Oued Cherf apporte les eaux qui ont ruisselé sur le massif triasique du Zouabi, les trois Oueds Trouch, Aïn Snob et Lahamimine prennent naissance au Nord- Ouest à Djebel Terraguelt dans les hautes plaines. La jonction de ces derniers avec Oued Settara au moulin Rochfort, forment Oued Cherf, ce dernier reste suspendu vers 750 m à la sortie de la plaine de Sedrata, y rencontre sur son trajet Oued Mgaïbsa qui draine la plaine de Tamlouka. Oued Settara résulte de la jonction de deux Oueds Ouessah et Babouche qui prend sa source au Nord-Est à Djebel Sidi Reghis.

Caractérisé par un régime de hautes eaux hivernales et de basses eaux estivales, mais l'Oued peut néanmoins connaître des crues exceptionnelles ou de graves étiages, rendus de plus en plus rares, toutefois, par l'important aménagement hydraulique (barrage). Les cours d'eau tributaires d'Oued Bouhamdane sont représentés par le réseau hydrographique d'Oued Zenati venant de l'Ouest; ses sources naissent au pied du massif d'Oum Settas (1325m), et Oued Sabath qui descend du plateau de Djebel Ouaach (1281m) de Constantine. L'Oued Bouhamdane est un affluent principal d'Oued Seybouse avec Oued Cherf, ils coulent respectivement selon les directions Ouest-Est et Sud-Nord, avant de se rejoignent à la confluence de Medjez Amar, donnant naissance à Oued Seybouse. Durant ce parcours, le lit de la Seybouse forme de nombreux méandres et cette rivière se trouve alimentée par un important réseau hydrographique compris entre la chaîne atlasique du Tell au Sud et le prolongement de la chaîne numidique du Taya-Debagh au Nord, 1100 m d'altitude. Sur la rive droite, le court principal de la Seybouse reçoit l'Oued Skhoun, qui passe au pied de la ville de Guelma, l'Oued Maïz qui forme limite entre cette commune et celles de Ben Djerrah et de Belkheir, puis en aval l'Oued Zimba et l'Oued Bou Sorra descendant du versant oriental du massif de la Maouna. Nous citerons sur la rive gauche, l'Oued Bou Far, l'Oued Touta venus du djebel Debagh, et

l'Oued Bredâa recueillant les eaux du Ras el Fedj et arrosant les villages de Guelaat bou Sba et d'Héliopolis.

L'Oued Seybouse coule en direction du nord depuis Bouchegouf, où il reçoit sur sa rive droite Oued Melah qui résulte de la jonction de Oued Sfa et Oued Ranem, sur la rive gauche Oued Seybouse reçoit Oued Ressoul qui devient Oued Meboudja sur sa partie avale, le dernier affluent de l'Oued Seybouse, qui constitue le collecteur des eaux du lac Fetzara et draine une superficie de 203 km² (Debieche, 2002), avant de se jeter dans la Méditerranée par l'estuaire de Sidi Salem à Annaba, c'est un des plus grands Oueds d'Algérie, avec un débit annuel de 500 millions de m³.

2.2.2.1. Nappes alluviales

Les nappes alluviales de la Seybouse sont peu épaisses, et leur régime est très influencé par celui des cours d'eau et par les infiltrations. À la différence de nappes profondes comme celles des calcaires des plaines de Guelma, leur inertie est faible : en cas de sécheresse de printemps ou d'été, elles sont beaucoup plus fragiles que les nappes profondes ; elles sont aussi plus rapides à se reconstituer au moment des pluies automnales.

2.2.2.2. Barrages de régulation

Deux barrages réservoirs réalisés assez récemment, assurent un soutien d'étiage et constituent une source d'approvisionnement en eau potable et pour l'irrigation :

- le plan d'eau du barrage (Hammam Débagh) sur le Bouhamdane a été mis en eau en décembre 1987, d'une capacité totale de 220 hm³ permettant une régulation annuelle de 55 à 60 hm³.
- le barrage de Foum El Khanga (commune de Zouabi) sur le Cherf amont, la mise en eau s'est effectuée en novembre 1995, avec une capacité de 157 Hm³; son volume régularisé est de 40 Hm³/an.

2.2.2.3. Eaux géothermales

Le bassin de la Seybouse renferme de nombreuses formations aquifères. Il existe neuf sources hyperthermales dont la température de l'eau varie entre 90 et 96 °C sur 15 sources thermales répartis en totalité sur la moyenne Seybouse, 7 sources seulement sont effectivement exploitées. Les eaux sont d'une nature saline, avec une odeur sulfureuse, leurs faciès chimique est bicarbonaté calciques, chloruré sodique,

radioactives, avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Le débit total des sources actuelles n'est pas inférieur à 25 l/s.

Les eaux géothermales sont réparties à travers l'ensemble du territoire Nord algérien, majoritaires au Nord-Est. Parmi les plus importantes, nous pouvons citer Hammam Débagh (96 °C) à Guelma, Hammam Boutaleb (52 °C) à Sétif et Hammam Bouhanifia (66 °C) à Mascara.

2.3. Biodiversité

Le terme biodiversité a été obtenu par la contraction des mots biologie et diversité. Elle désigne la diversité des organismes vivants (faune, flore, bactéries, etc.) et des écosystèmes présents sur Terre. Elle est habituellement subdivisée en trois niveaux :

- la diversité génétique, qui correspond à la diversité des gènes au sein d'une espèce;
- la diversité spécifique, qui correspond à la diversité des espèces;
- la diversité écosystémique, qui correspond à la diversité des écosystèmes présents sur Terre.

2.3.1. Végétation

La végétation de la zone d'étude est en grande partie caractérisée par le grand développement d'une strate herbacée continue colonisée principalement par les graminées à prédominance de broussailles épaisses, presque impénétrables et de forêts de lumière, thermophile dans son ensemble. Les essences principales qui forment les broussailles et les maquis sont l'olivier (*Olea oleaster*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*), le chêne kermès (*Quercus coccifera*), les cistes (*Cistus monspeliensis*) et le guendoul (*Calicotome épineux*) (Quezel et Santa, 1962-1963).

Les pentes des collines gréseuses de la haute Seybouse, Khemissa et Aïn Soltane, sont couvertes par la forêt de pin d'alep (*Pinus halepensis*) et parfois de chêne-liège (*Quercus suber*) à feuilles caduques encore que l'on ait introduit diverses variétés de pin d'Alep, d'Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), de Cyprès et de Genévrier rouges (*Juniperus phoenicea* L.) dans les reboisements. On y rencontre des îlots de forêts et quelques surfaces reboisées par les services forestiers. Ces forêts d'une superficie de 10,5 ha constituent un milieu humide qui joue un rôle protecteur

pour les eaux souterraines. A l'Est de Guelma se dressent les monts des Béni-Salah, vaste massif boisé, couvert de forêts chênes-lièges (*Quercus suber*), de chêne-zen (*Quercus mirbeckii*), de lentisques (*Pistacia lentiscus*) et d'oliviers (*Olea oleaster*) (30,600 ha).

La strate arborée des monts de la Mahouna qui se rattachent aux montagnes de Souk Ahras et les forêts denses de Beni Medjalel à Taya, où on note encore quelques vestiges de formations ligneuses parsemées dans ce domaine, témoins de ce qu'a été ce milieu avant sa détérioration, est constituée d'eucalyptus, de pin d'Alep, de pin maritime, de chêne zeen, de cyprès, de lentisques et d'oliviers. Toutes ces broussailles poussent généralement pêle-mêle avec beaucoup d'autres essences, en première ligne desquelles il faut citer le *Calycotome velu*. Les légumineuses sont encore représentées par des Coronilles, le Baguenaudier, l'Anagyre, le *Psoralea bituminosa* etc. A côté de ces espèces naturelles, les services de l'environnement ont introduit des espèces exotiques comme le pin d'Alep, l'eucalyptus, Opuntia, Agave ...etc. Dans ce même type de broussaille-prairie, le jujubier (*Zizyphus lotus*) forme généralement des touffes occupant de 5 à 10 m², formées de petites branches grêles peu élevées qui partent d'une même souche souterraine. Entre les touffes de jujubier s'élèvent souvent de grandes ombellifères : Thapsia, fêrules, Cachrys, etc.

Les zones inondables du bassin sont très peu fournies en arbres, le lit des oueds algériens, le bord des sources sont peuplés de lauriers-roses. Avec lui, poussent des tamarix, des saules et parfois le redoul ou le *Bupleurum fruticosum*.

Par ailleurs, on rencontre des forêts-galeries éparses dans le périmètre Ouest de la Seybouse maritime où s'étend le massif de Belelieta (287 m) et de Bouhamra (152 m) qui sont séparés du massif principal de l'Edough (1008 m) constitués de chêne-liège (*Quercus suber*) et de chêne zen (*Quercus canariensis*), essences dont une grande partie joue un rôle non négligeable dans l'exploitation locale. L'arbusier (*Arbutus unedo*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*), il subsiste encore quelques châtaigniers (*Castanea*) autour du village de Seraidi. Sur les dunes qui bordent la mer on y rencontre les palmiers nains (*Chamaerops gumilis*), qualifiés ici de doum et le diss (*Ampelodesmos mauritanicus*).

2.3.2. Faune

Plusieurs groupes zoologiques sont représentés dans ce biotope, comme les mammifères domestiques (caprins: *Capra hircus*, ovins: *Ovis aries*). La faune

sauvage regroupe un certain nombre d'espèces ornithologiques (moineau: *Passer domesticus*, pigeon: *Columba livia*, etc.), de reptiles (fouette-queue: *Uromastyx alfredschmidti*, de rongeurs (gerboises: *Gerbillus campestris*, rats, etc.), de batraciens, d'arachnides (scorpions et araignées), d'insectes (Orthoptères, Hyménoptères, Coléoptères, Diptères, Lépidoptères, etc.) (Leberre, 1989). S'étendant sur une superficie de 2000 ha, la réserve naturelle de Béni Salah est l'un des massifs forestiers les plus vastes de la région d'étude. Les mammifères existant sont le Cerf de Barbarie (*Cervus elaphus barbarus* Bennet, 1833) est le dernier représentant. Endémique à l'Afrique du Nord, son aire de répartition géographique s'étendait pendant la période historique de l'Algérois à la Tunisie, y compris la côte méditerranéenne jusqu'à l'Atlas saharien (Burthey, 1991). Parmi les espèces de mammifères rares qui évoluent dans la zone d'étude nous citons: le chat sauvage ou lynx caracal (*Felis caracal*), le porc-épic (*Hystrix cristata*), le hérisson d'Algérie (*Aethechinus algirus*), la Genette (*Genetta genetta* Linné, 1758)), la hyène rayée (*Hyaena hyaena*), la loutre (*Lutra lutra*), la belette de Numidie (*Mustela nivalis*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), le chacal commun (*Canis aureus*), le lièvre du Cap (*Lepus capensis*), la gerbille champêtre (*Gerbillus campestris*) et la mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*), qui existent en nombre restreint à Béni Salah.

2.4. Contexte climatique

Le climat de l'Algérie est de type méditerranéen (Seltzer, 1946), caractérisé par une période pluvieuse allant en moyenne de septembre à mai, un été sec et ensoleillé. A l'image de l'ensemble du pays, le bassin de la Seybouse appartient à la zone tempérée boréale, mais dans la partie méridionale de cette zone. Cependant le voisinage ou l'éloignement de la côte et la diversité des altitudes y déterminent des différences de température bien marquées (Stéphane, 1972). On y distingue deux types de saisons :

- une saison sèche qui s'étale de mai à septembre, et qui se caractérise par des vents secs de Siroco qui soufflent du SE au SW, originaire des hautes pressions sahariennes. Les mois de juillet à août accusent le minimum des pluies. Avril constitue un mois charnière qui voit l'arrivée des vents humides du Nord-ouest chargés de mousson.

- une saison des pluies coïncide à peu près avec l'hiver, en y comprenant la seconde moitié de l'automne et le début du printemps, entre les mois d'octobre à mars,

caractérisée par des vents humides provenant des hautes pressions océaniques de l'hémisphère Nord. On distingue, sur toute l'étendue du bassin, d'amont en aval, trois secteurs de régimes climatiques sont donc, en large mesure, très illustratives de l'ensemble des différentes terrasses physiographiques existant :

- un climat des hautes plaines atlasiques semi-aride et continental, caractérisé par un été chaud et sec de 20 à 35°C en juillet et août, et un hiver froid et humide de 1 à 15°C en janvier. La région est nettement mieux arrosée par rapport au reste du bassin (800 mm/an).
- un climat de l'atlas Tellien Sub-humide, doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température varie de 2°C en hiver à plus de 40°C en été est en moyenne de 17°C. La zone reçoit les pluviométries les plus basses du bassin (moins de 650 mm/an).
- un climat tempéré littoral, correspond à la Seybouse maritime, de type méditerranéen, avec un régime climatique dépendant de 2 paramètres principaux : la précipitation météorique et la température; le seuil de 7 à 9°C en hiver à plus de 30°C en été et en moyenne de 17°C peut être atteint dans cette région. Elle connaît une pluviométrie moyenne (moins de 700 mm/an).

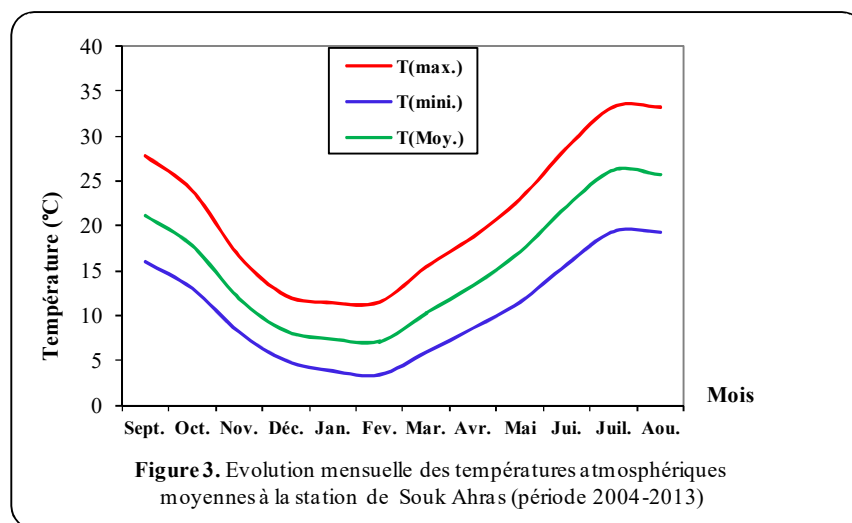
Pour ce diagnostic, les paramètres météorologiques (température, vent et humidité relative) de la zone d'étude sont obtenus par la DMR Est de Constantine à partir des données fournies par les registres météorologiques compilés dans la base de données. Nous extrayons trois stations météorologiques qui représentent le bassin de la Seybouse, ce qui permet de remonter jusqu'en 1994 pour la station de Guelma et jusqu'en 2004 pour celles de Souk Ahras et Annaba.

2.4.1. Températures

Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très variables. Les moyennes des périodes froides (Nov. – Avr.) et chauds (Mai. – Oct.) sont de 9,67 °C et 21,61°C respectivement à la station de Souk Ahras, de 12,16°C et 23,56°C respectivement à la station de Guelma et de 12,96 °C et 22,45 °C respectivement à la station d'Annaba. Les données statistiques recueillies dans les annexes 1, 2 et 3 donnent les températures moyennes mensuelles :

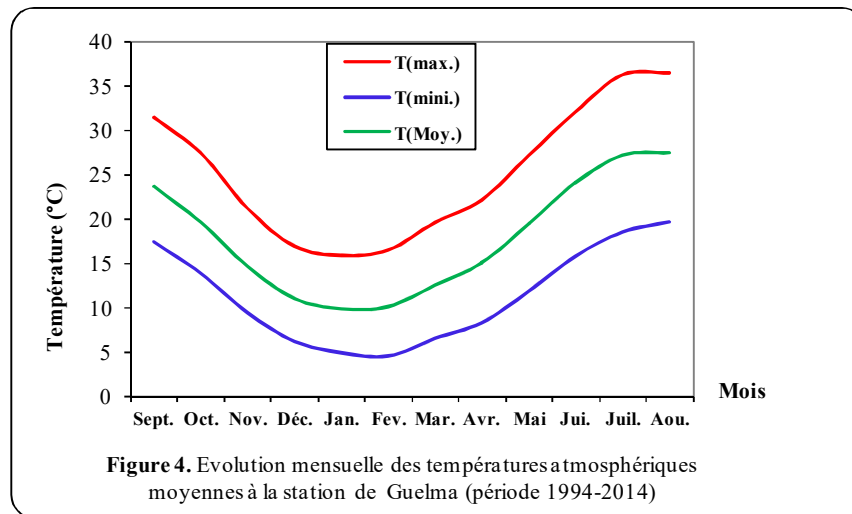
- $T_{(max)}$ moyenne de tous les maxima du mois.
- $T_{(mini)}$ moyenne de tous les minima du mois.
- $T_{(moy.)}$ moyennes annuelles des températures.

Les figures 3, 4 et 5 illustrent l'évolution de la température mensuelle entre la période 2004 et 2013. À la station de Souk Ahras, la température moyenne annuelle est d'environ 15,64°C avec des limites comprises 7,32°C en hiver et de 26,14°C en juillet. Les écarts de températures restent en général modérés mais des variations sensibles sont enregistrées avec des valeurs extrêmes. Les températures minimales peuvent baisser en hiver avec des records de 1,89°C en janvier 2006 et 0,82°C en février 2011. Des températures maximales très élevées peuvent également être constatées en été avec des records de 36,15°C en août 2011 et 35,06°C en août 2004. Les hivers sont en général tempérés et assez doux mais les gelées sont fréquentes entre décembre et février (températures minimales moyennes entre 3 et 4°C et environ 40 jours de gel par an). Les températures sont en hausse régulière au printemps avec des températures maximales moyennes en avril et mai supérieures à 16°C. Les températures automnales décroissent progressivement mais les automnes sont généralement doux supérieures à 15°C.

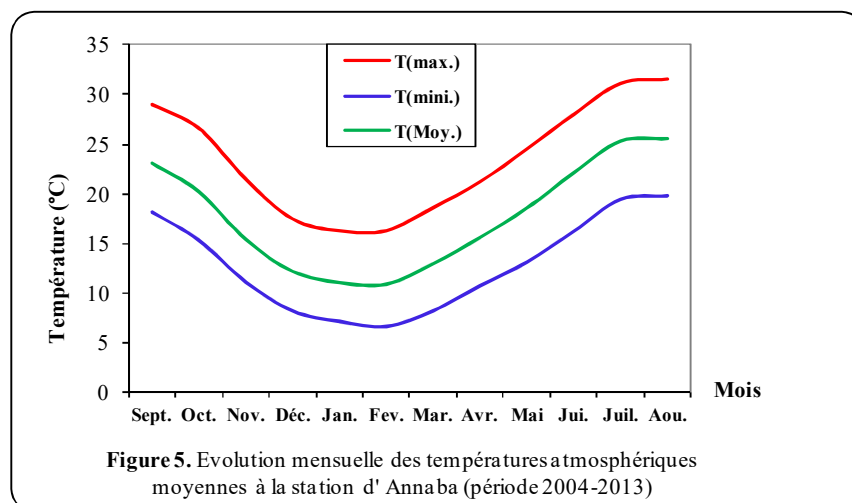


L'étude des températures sur la région de Guelma depuis l'année 1994 met en évidence une évolution sensible. La comparaison entre les figures 3 et 4 permet de constater un réel réchauffement, plus fort concernant les températures maximales par rapport aux températures minimales. Les premières ont en effet augmenté de 3°C en moyenne en été avec des records de 39,81°C en août 1994 et 38,80°C en août 1999 quand les deuxièmes grimpaient « seulement » d'1°C, avec des records de 2,81°C en janvier 2005 et 2,47°C en février 2012. Alors que la moyenne des températures enregistrée s'élève à 17,86°C. Le réchauffement est donc encore plus spectaculaire

pour les températures maximales qui passent en moyenne de 39,81°C en 1994 à 39,60°C en 2012.



La figure 5 expose l'évolution mensuelle de la température à la station d'Annaba. Si jusqu'aux années 2011, les températures maximales sur cet intervalle de temps restaient le plus souvent inférieures à 33,07°C en moyenne, l'année 2012 marque un tournant puisqu'elle franchit cette année ce seuil en enregistrant le seuil de 33,70°C. Dans les années 2005 à 2011, le seuil des 30°C en moyenne est même dépassé tous les ans de 1,0°C. Ainsi, sur 10 ans, la normale lissée sur cet intervalle a augmenté de 1,5°C, ce qui correspond à la hausse moyenne des températures minimales constatées sur cette décennie, et une baisse d'un écart de 3°C en moyenne constatées pour les températures moyennes maximales d'environ 31,93°C.

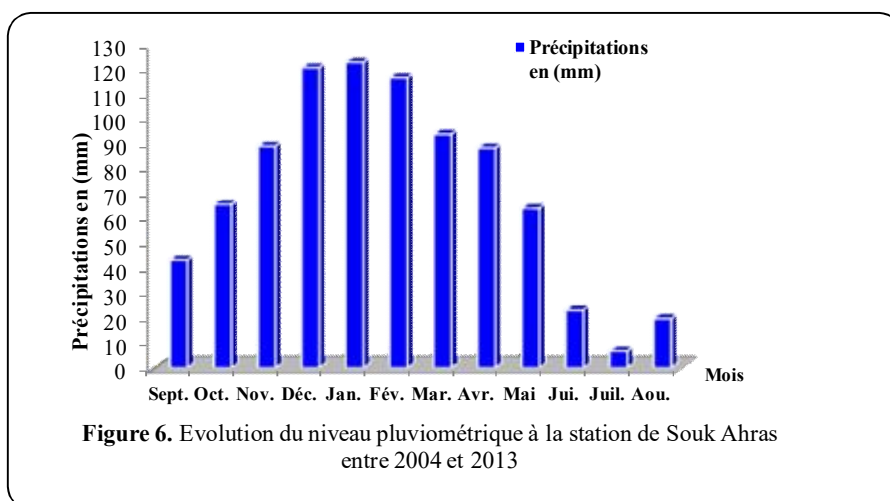


La comparaison, entre les trois stations, permet de constater des écarts thermiques moyens mensuels durant cette même période, les températures maximales ont augmenté de 3°C à la station de Guelma, quand elles baissaient « seulement » de 2°C à la station d'Annaba. Cependant, nous pouvons constater une évolution analogue sur la période commune de relevés, à savoir la période estivale. Pour la région d'Annaba, les températures moyennes mensuelles sont toujours restées inférieures à celles enregistrées pour les deux premières régions, un régime de température assez différent est perceptible sur la période estivale, entre les mois de juin et septembre.

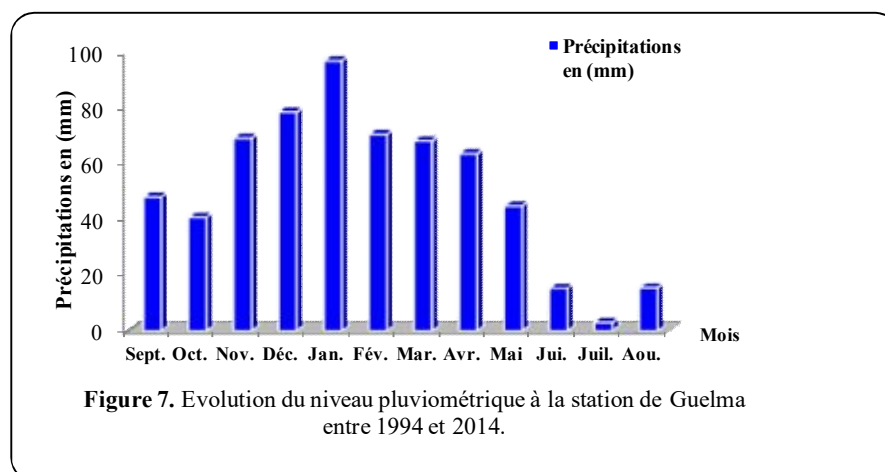
2.4.2. Régime pluviométrique

Les résultats obtenus durant notre étude sont résumés dans les annexes (4, 5 et 6). Les figures 6, 7 et 8 montrent l'évolution mensuelle moyenne annuelle de la pluviométrie dans les stations de Souk Ahras, de Guelma et d'Annaba durant la période de 2004 à 2013.

Le cumul des précipitations moyen annuel s'établit à la station de Souk Ahras a franchit les 852 mm durant la même période. Le niveau pluviométrique est variable durant toute l'année (Fig. 6) avec un maximum en janvier (122,59 mm) et un minimum en novembre (88,92 mm). En période estivale, nous enregistrons des valeurs comprises entre 66 mm (mai à octobre) et 6,67 mm (juillet). Cependant, les cumuls pluviométriques peuvent varier sensiblement dans le temps et dans l'espace, très humides comme en 2009 (plus de 1180 mm) ou très sèches (650 mm à 783 mm) entre 2007 et 2008.

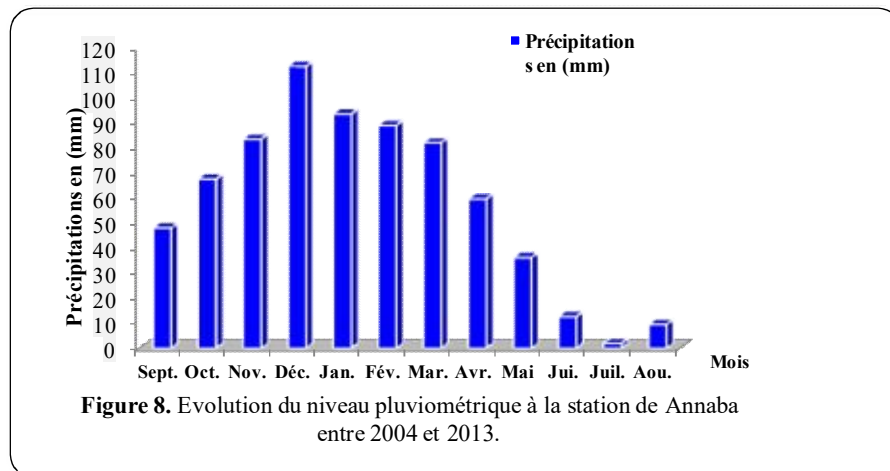


La figure 7 qui présente des cumuls de précipitations à la station de Guelma permet de déduire que le changement climatique s'accompagne, d'un cumul moyen annuel pluviométrique légèrement inférieur à 614 mm. Cependant, cette baisse des quantités mensuelles de pluie est liée simultanément à une progression des températures et à des besoins en eau toujours croissants, notamment pendant l'été. En effet, les pluies estivales sont souvent insuffisantes, un déficit pluviométrique plus marqué est observé de mai à septembre, cumulant moins de 3 mm en mois de juillet et environ 48 mm en mois de septembre, souvent inégalement réparties en quantité dans le temps et dans l'espace puisqu'elles sont principalement le résultat de passages orageux ponctuels à la trajectoire aléatoire. C'est pourquoi, des situations de sécheresse peuvent s'installer pendant l'été avec de longues et régulières périodes sans pluie efficace, posent logiquement le problème récurrent de la disponibilité de la ressource en eau, toujours plus convoitée en période estivale par de nombreux et divers usages, pour couvrir naturellement les besoins en eau de la faune aquatique et de la végétation sans avoir recours à l'irrigation. Toutefois, force est de constater la récurrence d'étés plus secs depuis les années 2010 par rapport aux décennies précédentes. Ainsi, l'été correspond régulièrement à une période de sécheresse qui peut provoquer un déficit hydrique important avec pour conséquence le tarissement des ressources hydrique en période d'étiage (rivières, ruisseaux, nappes phréatiques).



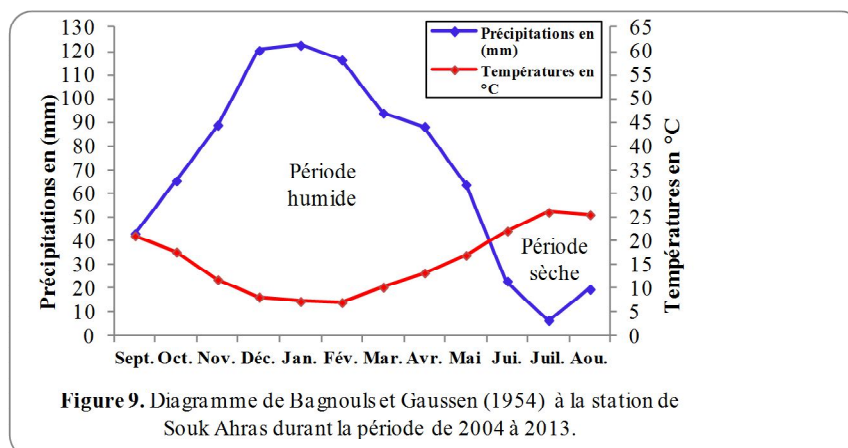
En considérant les cumuls de précipitations entre 2004 et 2013 à la station d'Annaba (Fig. 8), d'un cumul moyen annuel de précipitations d'au moins 694 mm, une augmentation générale, plus ou moins accentuée, est visible en période hivernale par rapport à celle de Guelma, permettant cependant de constater que la quantité

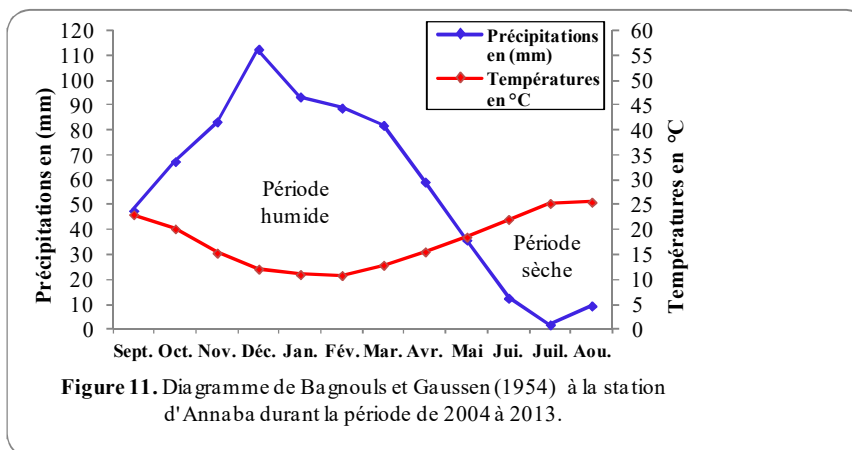
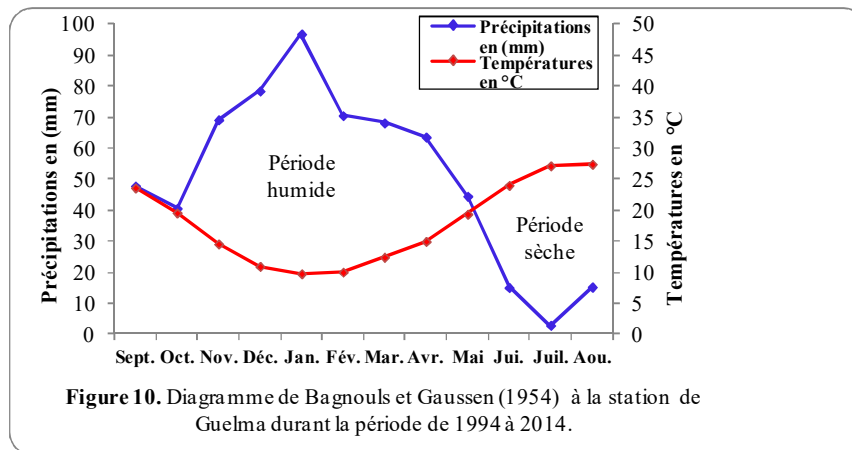
mensuelle de pluie sur la période commune de ces stations, varie légèrement dans l'espace et dans le temps. Une différence jusqu'à 30 mm est constatée en décembre (112,46 mm) par rapport à Guelma (78,55 mm), mais cette région semble un peu moins humide en comparaison avec les cumuls de précipitations enregistrés à Souk Ahras pour les 2 saisons, où cette dernière est la plus humide.



2.4.2.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

A partir des valeurs de la température moyenne mensuelle et de la précipitation moyenne mensuelle pour la période précitée (Annexes 7, 8 et 9), le diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gaussen (1957) a été établi. Il est nécessaire de déterminer la période sèche et la période humide (Dajoz, 1985) relative à la région, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T). L'échelle de la température est le double de celle des précipitations ($P=2T$). Grâce à ce diagramme (Fig. 9; 10 et 11). Les graphiques ainsi obtenus permettent de déterminer l'importance de la sécheresse.





On peut distinguer deux saisons bien distinctes :

- une saison humide qui s'étend de septembre jusqu'à fin mai ;
- et une saison sèche et chaude qui s'étend du mois de mai à la mi-septembre.

Nous notons que la saison sèche nous indique un déficit de précipitation comparé à la saison humide qui présente un excédent. D'après Dajoz (1975), la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en mm est inférieure au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius ($P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$).

2.4.2.2. Quotient pluviométrique d'Emberger:

Ce diagramme ou quotient pluviométrique est une représentation graphique issue d'une formule où la valeur des précipitations en mm, divisée par une expression de la T° en degré Kelvin, cette expression est choisie en fonction de la vie du végétal, cette formule s'écrit comme suit : $Q2 = [2000 P / M^2 - m^2]$

Cette formule peut s'écrire selon Stewart (1969) qui a transformé le quotient d'Emberger pour le climat méditerranéen et a obtenu la formule suivante :

$$Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$$

Où

P = la pluviosité annuelle moyenne en mm ;

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ;

m : moyenne des minimum du mois le plus froid ;

M et m sont exprimés dans l'expression de Stewart en ° Celsius.

M et m s'expriment en degré Celsius, Emberger (1955) a mentionné qu'un climat ne peut être caractérisé si à la valeur de Q2 ne vient pas s'ajouter celle de «m». Les stations météorologiques de même Q2 peuvent être différenciées par leurs valeurs de "m".

Le Q2 nous a permis de localiser nos stations météorologiques sur le climagramme pluviothermique d'Emberger. Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation.

C'est ainsi que les étages bioclimatiques sont repérés sur des axes orthogonaux où chaque station se trouve représentée par un point dont l'abscisse est la moyenne des minima du mois le plus froid 'm', et l'ordonnée, la valeur du quotient pluviothermique (Q2) d'Emberger.

-L'indice Q2 calculé par la formule $Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$ à la station de S. Ahras - années (2003-2013) est égal à 87,32 (Tab. 3).

Tableau 3. Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station météorologique de Souk Ahras (Période 2004-2013).

| Mois | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juil. | Aou. | Moy. |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|---------------|
| Tm (c°) | 15,33 | 11,44 | 6,68 | 3,38 | 1,89 | 0,82 | 5,20 | 6,72 | 9,79 | 13,01 | 18,27 | 17,65 | 9,18 |
| TM (c°) | 28,96 | 28,25 | 19,60 | 14,73 | 14,65 | 15,90 | 16,58 | 21,14 | 25,59 | 32,34 | 34,29 | 36,15 | 24,02 |
| T(c°)moy. | 21,06 | 17,72 | 11,84 | 8,21 | 7,32 | 7,09 | 10,26 | 13,29 | 17,04 | 22,10 | 26,14 | 25,60 | 15,64 |
| P (mm) | 43,11 | 65,46 | 88,92 | 120,38 | 122,59 | 116,39 | 93,82 | 88,23 | 63,81 | 23,04 | 6,67 | 19,65 | 852,07 |

Où P= 852,07 mm

TM= 34,29 °C

Tm= 0,82 °C

L'emplacement de cet indice sur le climagramme pluviothermique d'Emberger, nous a permis de situer la station météorologique de Souk Ahras dans l'étage bioclimatique sub-humide à hivers frais (Fig. 12).

-L'indice Q2 calculé par la formule $Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$ à la station de Guelma (période 1994 -2014) est de 56,36 (Tab. 4).

Tableau 4. Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station météorologique de Guelma (Période 1994 -2014).

| Mois | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juil. | Aou. | Moy. |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|---------------|
| Tm (c°) | 15,23 | 11,09 | 7,44 | 4,50 | 1,86 | 2,47 | 3,99 | 5,54 | 10,30 | 14,00 | 16,47 | 18,07 | 9,25 |
| TM (c°) | 35,10 | 31,10 | 25,00 | 19,44 | 18,40 | 19,08 | 24,21 | 25,06 | 30,25 | 36,20 | 38,56 | 39,81 | 28,52 |
| T(c°)moy. | 23,65 | 19,60 | 14,61 | 10,98 | 9,82 | 10,05 | 12,46 | 15,02 | 19,42 | 24,07 | 27,18 | 27,47 | 17,86 |
| P (mm) | 47,85 | 40,64 | 69,20 | 78,55 | 96,83 | 70,57 | 68,21 | 63,63 | 44,59 | 15,17 | 2,97 | 15,34 | 613,55 |

Où P= 613,55 mm
 TM= 39,81 °C
 Tm= 2,47 °C

L'emplacement de cet indice sur le Climagramme pluviothermique d'Emberger, nous a permis de situer la station météorologique de Guelma dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers frais (Fig. 12).

-L'indice Q2 calculé par la formule $Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$ à la station d'Annaba (période 2003 -2013) est de 82, 88 (Tab. 5).

Tableau 5. Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station météorologique d'Annaba (Période 2004-2013).

| Mois | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juil. | Aou. | Moy. |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|---------------|
| Tm (c°) | 16,85 | 14,15 | 9,63 | 3,38 | 5,59 | 4,98 | 7,11 | 9,44 | 11,91 | 14,67 | 18,12 | 19,13 | 11,53 |
| TM (c°) | 29,88 | 29,35 | 23,22 | 14,73 | 18,39 | 18,70 | 20,04 | 23,19 | 26,20 | 30,55 | 32,35 | 33,70 | 25,42 |
| T(c°)moy. | 23,06 | 20,18 | 15,34 | 8,21 | 11,00 | 10,84 | 12,90 | 15,57 | 18,53 | 22,09 | 25,29 | 25,53 | 17,70 |
| P (mm) | 47,65 | 67,44 | 83,40 | 120,38 | 93,43 | 88,89 | 81,94 | 59,14 | 35,92 | 12,50 | 1,85 | 9,37 | 693,99 |

Où P= 693,99 mm
 TM= 33,70 °C
 Tm= 4,98 °C

L'emplacement de cet indice sur le climagramme pluviothermique d'Emberger, nous a permis de situer la station météorologique d'Annaba dans l'étage bioclimatique sub-humide à hivers frais (Fig. 12).

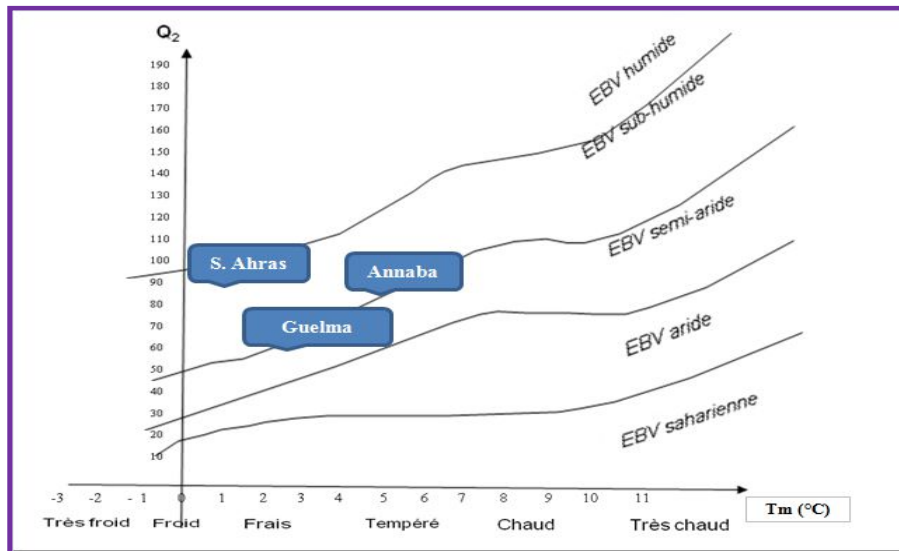


Figure 12. Climogramme pluviothermique d'Emberger des stations d'étude.

2.4.2.3. Hygrométrie

L'humidité relative est comprise entre 0 et 100%. L'air est sec quand l'humidité relative est inférieure à 35%. L'air est moyennement humide entre 35 et 65%, et l'air est humide à plus de 65% d'humidité relative. À l'intérieur d'un même espace, l'HR varie en fonction des changements de température.

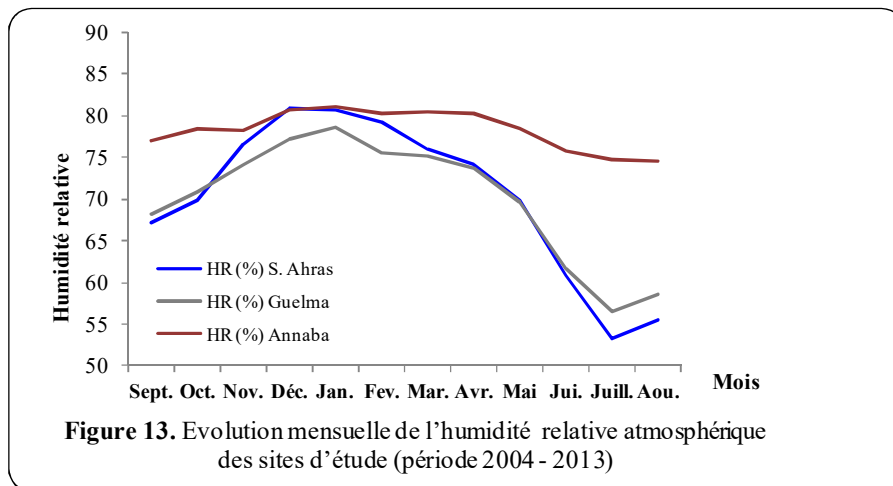
Le tableau 6 résume les valeurs moyennes de l'HR au niveau du bassin versant de la Seybouse durant la période 2004-2013.

Tableau 6. Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air (HR en %) de 2004 à 2013.

| HR (%) | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juil. | Aou. | Moy. |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| S. Ahras | 67,18 | 69,82 | 76,51 | 80,83 | 80,60 | 79,18 | 76,00 | 74,22 | 69,90 | 60,81 | 53,25 | 55,58 | 70,32 |
| Guelma | 68,14 | 70,76 | 74,14 | 77,16 | 78,69 | 75,56 | 75,24 | 73,70 | 69,54 | 61,55 | 56,57 | 58,48 | 69,96 |
| Annaba | 76,98 | 78,47 | 78,22 | 80,64 | 81,14 | 80,25 | 80,43 | 80,30 | 78,38 | 75,71 | 74,68 | 74,46 | 78,30 |

L'humidité relative moyenne la plus faible à la station de Souk Ahras et sur toute la région du bassin, est enregistrée en juillet (53,25 %) et la plus élevée à la même station est enregistrée en décembre (80,83%) (Fig. 13). Elle est généralement supérieure à 70 % (qui est la moyenne annuelle) et varie sensiblement au cours de l'année. Les variations moyennes mensuelles de l'humidité relative sur la période 2004-2013 montrent qu'à Guelma (Tab. 7, Fig. 13), l'humidité relative est restée excédentaire (supérieure à 69,96 %, qui est la moyenne annuelle) de janvier à avril

et octobre et décembre. Cette augmentation comprend une phase déficitaire entre mai et septembre (taux d'humidité inférieur à 69,96 %).



Au niveau de la station d'Annaba (Tab. 7), l'humidité relative a connu le taux le plus élevé du bassin (81,14 %) en janvier et une hausse quasi permanente qui s'étale presque sur toute l'année de la période d'étude oscillant entre 81,14 % (janvier) et 74,46 % (août). Cette période de croissance est obturée par une étroite phase, insensiblement déficitaire entre juillet et septembre (taux inférieur à 78,30 %). Cependant, on enregistre des valeurs moyennes plus élevées dans la partie littorale du bassin par rapport à la partie sud (Annexe 10).

2.5. Contexte socio-économique

Les activités économiques s'organisent essentiellement autour des secteurs de l'agriculture et de l'industrie. L'activité industrielle est peu présente en amont du bassin: activités de carrières, alluvionnaires et en roches massives dans la moyenne Seybouse. Dans le bassin amont, l'élevage extensif d'ovins, de bovins et de caprins (10 000 UGB) (unité de gros bétail) constitue l'activité principale, à l'exception des plaines de Ksar Sebahi où se développe des cultures maraîchères (oignons) et fruitières (pommes) localement importantes. La plaine d'Annaba avec 120.000 ha de terrains plats et d'un seul tenant, pluviométrie satisfaisante : 750 mm, ressources en eau abondantes, sols lourds mais fertiles (Jean-Paul, 1981).

2.5.1. Activités industrielles

Plusieurs secteurs concentrent une très forte activité industrielle, autour d'Annaba, notamment pour la valorisation des produits miniers (Sidérurgie d'Arcelor Métal, ex: El Hadjar), le complexe des engrais chimiques phosphatés et azotés (Fertial) à travers son unité d'Annaba et des industries agroalimentaires représentées par de petites entreprises. Les activités économiques et industrielles du bassin de la Seybouse se répartissent aussi à proximité de l'agglomération de Guelma, la Sorasucre (Raffinerie de sucre), l'unité Cycma (production de cycles et motocycles) et Eurl Marmig (Ex-Enamarbre), implantée au chef-lieu de la commune de Boumahra Ahmed, au bord de la Seybouse. L'ensemble des rejets urbains et industriels se jette directement dans les Oueds, sauf celui du complexe Fertial qui déverse ses rejets directement en mer. Les plus importantes agglomérations urbaines traversées par le cours principal de la Seybouse sont le siège d'activités économiques et industrielles qui contrastent avec le caractère agricole du bassin versant (forêts et prairies, agriculture intensive à l'aval).

2.5.2. Activités agricoles

Dans le cadre d'un processus de développement du pays, le bassin de la Seybouse fait l'objet depuis le début des années 1980, d'aménagements hydrauliques et hydroagricoles, destinés à régulariser les eaux d'écoulements superficiels, l'irrigation des cultures et l'alimentation en eau des localités limitrophes :

- le barrage de Hammam Debagh sur l'Oued Bouhamdane d'une capacité utile de 180 hm^3 , (Ghachi, 1982) destiné au périmètre irrigué de Guelma-Boucheougouf (12900 ha) et à l'A.E.P. de Guelma.
- le barrage de Foug El Khanga sur l'Oued Cherf amont, d'une capacité de 157 hm^3 est destiné à l'irrigation. Deux autres barrages, destinés à l'irrigation (Koudiat Harricha dans le Cherf aval et Koudiat Mahcha dans la Basse Seybouse), sont programmés pour les années à venir.

Quatre petits barrages ont été réalisés, sur l'Oued Cherf amont (Tiffech, Sedrata), M'djez El Bgar dans le Cherf aval et Ben Badis sur l'Oued El Heria qui est un petit affluent de l'Oued Bouhamdane (Louamri, 2013).

2.5.3. Activités halieutiques et aquacoles

Depuis le début du siècle dernier, l'histoire du développement de la pêche continentale en Algérie est jalonnée par une série d'essais d'introduction et d'acclimatation d'espèces européennes, américaines ou asiatiques dans les plans d'eaux naturelles et artificielles. Moins fréquentes pendant l'ère coloniale, ces introductions de poissons ont également eu lieu après l'indépendance à un rythme un peu plus élevé. Au total, 5 nouvelles espèces ont été acclimatées dans les différents plans d'eau de la région d'étude (Tab. 7).

Tableau 7. Liste des introductions d'espèces allochtones dans la zone d'étude.

| Espèce | Nom Scientifique | Nombre d'alevins | Année d'intr. | Barrage |
|--------------------|------------------------------------|------------------|---------------|----------------|
| C. argentée | <i>Hypophthalmichtrys molitrix</i> | 1200.000 | 2001 | H. Débagh |
| C. commune | <i>Cyprinus carpio</i> | 500.000 | 2004 | H. Débagh |
| C. à grande bouche | <i>Aristichthys nobilis</i> | 300.000 | 2006 | H. Débagh |
| Sandre | <i>Stizostedion lucioperca</i> | 300.000 | 2012 | H. Débagh |
| C. argentée | <i>Hypophthalmichtrys molitrix</i> | 1.000 | 2001 | Retenue Gafta |
| C. commune | <i>Cyprinus carpio</i> | 1.000 | 2004 | Retenue Gafta |
| C. commune | <i>Cyprinus carpio</i> | 150.000 | 2005 | Retenue Gafta |
| C. argentée | <i>Hypophthalmichtrys molitrix</i> | 1.000 | 2001 | Medjez B'guar |
| C. argentée | <i>Hypophthalmichtrys molitrix</i> | | 2010 | Foum EL Khanga |
| C. à grande bouche | <i>Aristichthys nobilis</i> | 1.500 | 2010 | Foum EL Khanga |
| C. commune | <i>Cyprinus carpio</i> | 20 | 2010 | Foum EL Khanga |
| Carassin doré | <i>Carassius auratus</i> | 10 | 2010 | Foum EL Khanga |
| Sandre | <i>Stizostedion lucioperca</i> | 300.000 | 2012 | Foum EL Khanga |

2.6. Conclusion

Cette partie de l'étude, nous a permis de déterminer les principales manifestations de la variabilité climatiques dans le bassin-versant de la Seybouse. Un climat de type méditerranéen a été mis en évidence avec un hiver pluvieux et un été sec, ce qui produit des modifications périodiques de la chimie des eaux par l'effet de dilution pendant les périodes pluvieuses et par l'effet de l'évaporation pendant les périodes sèches. La différence entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud est d'autant plus réduite que l'on se rapproche du littoral. La synthèse des paramètres climatologiques commentés ici met en évidence trois ensembles physiographiques bien individualisés quant à l'organisation et à la nature des écosystèmes.



CHAPITRE 3

MATERIEL ET METHODES

3.1. Description du site d'étude

La zone d'étude, située dans le bassin de la Seybouse, (superficie: 6471 km², longueur: 240 km), est représentée par 3 vastes domaines physiographiques bien distinctes: les Hautes plaines, le Sud-Tellien et le Tellien du nord. Il s'agit du bassin le plus étendu, après celui de la Medjerda, de la partie orientale de l'Afrique du Nord (Blayac, 1912). L'unique cours d'eau important, est l'Oued Seybouse, formé, peu avant son entrée dans la ville de Guelma, de l'Oued Cherf et de l'Oued Bouhamdane. Ces 2 cours d'eau sont des affluents principaux qui se jettent dans l'Oued Seybouse à la confluence en amont de la municipalité de Medjez Amar.

3.2. Choix des stations et stratégie d'échantillonnage

L'objectif d'une stratégie d'échantillonnage est de parvenir, à travers un plan d'échantillonnage, à une estimation la plus précise possible des paramètres étudiés et de leur variabilité en considérant les connaissances préalables du milieu et les contraintes logistiques (Blanchet, 2004). Pour notre part, la considération des interactions entre la structuration des peuplements et les facteurs anthropiques, en particulier les sources de pollution, constituent un élément fondamental de notre stratégie d'échantillonnage.

Une station d'inventaire piscicole doit être représentative des caractéristiques hydromorphologiques du type de cours d'eau auquel elle appartient, ainsi que des habitats et des caractéristiques physico-chimiques du tronçon dans lequel elle s'inscrit. Étant donné l'étendue du bassin de la Seybouse, nous avons délimité 3 sites représentatifs des trois régions hydrogéographiques (Fig. 14): (SI) le Moulin Rochefort en tant que site moyennement urbanisé avec un écosystème productif et menacé, (SII) le Taya en tant que site remarquable pour sa biodiversité et sa qualité paysagère, il est abrité et se trouvant à proximité d'une zone à activité agricole intense et (SIII) à l'embouchure de Sidi Salem en tant que site anthropisé, soumis à des rejets urbains, industriels et agricoles importants, qui exige des initiatives de désenclavement.

Chaque station d'observation a fait l'objet d'un point GPS permettant ensuite facilement son positionnement sur la carte du bassin versant :

- Station I (Moulin Rochefort) : éloignée des activités anthropiques, la station (**Photo 1**) est située en amont du bassin sur le Cherf (88,61 km), affluent rive droite de la Seybouse (Cours supérieur, haute Seybouse, 36°03'34.56" N - 007°26'23.23" E), à une altitude de 739 m. Dans cette zone, l'ensemble du relief est assez simple dans sa

structure. Les Oueds et leurs affluents convergent conjointement vers le Moulin Rochefort. Cette zone s'étend sur les plaines de Sedrata et Tamlouka.



Photo 1. Station I (Moulin Rochefort)

- Station II (Taya) : cette zone est située à 378 m d'altitude (**Photo 2**), dans la région Sud-Tellienne sur le Bouhamdane (37,49 km), affluent rive gauche de la Seybouse (Cours moyen, moyenne Seybouse, 36°28'00.76" N - 007°08'34.83" E). Le bassin de la moyenne Seybouse est enserré entre les hautes plaines au Sud et la chaîne numidique au Nord. Ce secteur constitue la partie essentielle du bassin. Il est drainé par l'Oued Bouhamdane qui prend sa source à Bordj-Sabath et la partie avale d'Oued Cherf affluent de rive droite de la Seybouse qui descend du Moulin Rochefort. C'est un cours d'eau au profil montagnard assez pentu à la granulométrie dominé par les blocs. Ce milieu peu influencé par les activités anthropiques se situe en milieu forestier (feuillus), la station est située au sein d'une zone d'influence agricole relativement importante.



Photo 2. Station II (Taya)

- Station III (Sidi Salem) : cette station est située dans la zone Tellienne du nord sur l'aval du cours principale de la Seybouse (134,74 km), à environ 1km de l'embouchure (36°51'38.22" N - 007°46'04.57" E), presque au niveau de la mer (altitude: 2 à 3 m) (**Photo 3**). Elle comprend la Seybouse maritime : bassin de l'Oued Ressoul, Oued Derdar et la zone des plaines littorales. La Basse Seybouse présente un relief dissymétrique avec une zone légèrement montagneuse, relativement accentué sur la rive gauche de l'Oued Seybouse. Le point d'échantillonnage est situé en aval d'une forte agglomération dont l'accumulation de la pollution domestique, industrielle et agricole est remarquable.



Photo 3. Station III (Sidi Salem).

En outre, une partie des analyses a été effectuées sur des stations intermédiaires pour compléter nos investigations (Fig. 14). Parallèlement, des échantillonnages ichtyologiques ont également été pratiqués sur les affluents majeurs. Plus récemment, 3 stations de travail ont été ajoutées sur les affluents d'Oued Zenati.

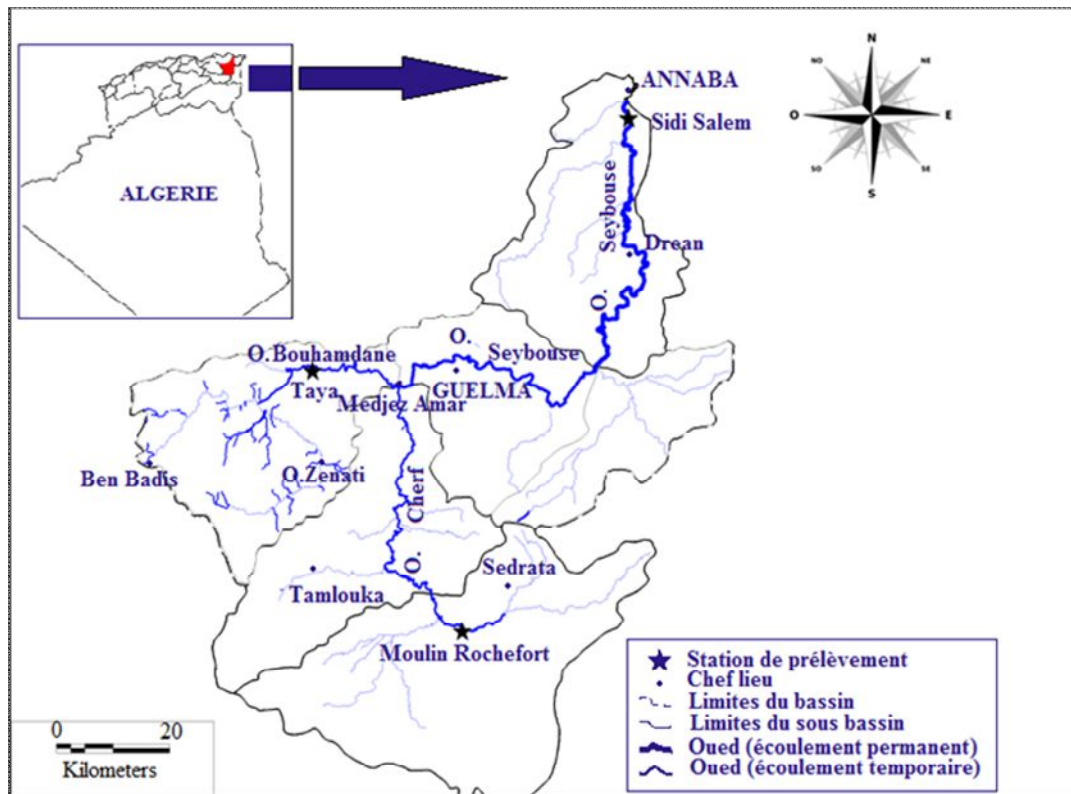


Figure 14. Limites du bassin de la Seybouse et localisation des stations de prélèvement.

3.2.1. Analyse de la qualité physico-chimique des cours d'eau

3.2.1.1. Mesures *in situ*

Pour chacune des 3 stations échantillonnées, nous avons mesuré mensuellement *in-situ*, au moyen d'un multi paramètre portable (marque 197i WTW), les paramètres physico-chimiques suivants: pH, température (T) exprimée en °C, teneur en dioxygène (OD) exprimée en mg/l, conductivité électrique (EC) en $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinité (SAL) exprimée en Practical Salinity Unit ou (psu) et potentiel de réduction (Eh) sans unité. Les sondes ont été calibrées avant chaque utilisation. La turbidité (TU), exprimée directement en NTU, a été estimée à l'aide d'un turbidimètre de marque HACH 2100 N. dans une solution standard.

3.2.1.2. Dosages au laboratoire

Parallèlement aux mesures *in situ*, nous avons dosé séparément dans chaque station, différents minéraux et nutriments à partir d'échantillons d'eaux de 2 litres prélevés à 3 m de la berge et à une profondeur moyenne de 40 cm. Les échantillons ont été placés dans des flacons en plastiques et acheminés au laboratoire dans une glacière

maintenue à 4°C pour y être traités immédiatement. Les méthodes d'analyses sont celles préconisées par les normes AFNOR (1997) et Rodier (1996).

Les matières en suspension (MES), exprimées en mg/l, ont été obtenues par pesée différentielle du filtre avant et après filtration après séchage à 105 °C sur une rampe de filtration millipore en utilisant des filtres de type Whatman GF/C à microfibre de verre et (porosité = 0,7 ; modèle : Whatman Cat No 1822-055) dans une coupelle d'aluminium initialement pesée. Avec une pompe à vide manuelle, filtrant un volume d'eau suffisant pour saturer le filtre GF/C, pour avoir 0,5 à 1 mg de matériel déposé sur le filtre. Il faut ôter ensuite le filtre du dispositif de pompage à l'aide d'une pince fine, puis le replacer dans la coupelle en aluminium avant de le sécher à l'étuve à 105°C pendant 6 heures minimum. L'étape suivante consiste à mesurer le volume du filtrat dans une éprouvette graduée de 250mL. Une fois le séchage à l'étuve terminé, nous pesons l'ensemble filtre et coupelle sur la balance. Enfin, nous calculons la différence entre le poids initial du filtre seul et son poids avec les résidus séchés à l'étuve. On obtient un résultat en g/L. Le résidu sec (RS) a été obtenu par pesée d'un certain volume d'eau évaporé à 110 °C dans une coupelle tarée.

Les analyses physico-chimiques, exprimées en mg/l : (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^- , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , K^+ , PO_4^{3-} , CaCO_3) à l'exception du TH (^0f), ont été réalisées au laboratoire à l'aide d'un photomètre multiparamètre de marque Hanna instruments HI 83200, Romania.

Les profondeurs et la vitesse du courant ont été mesurées au moyen d'un flotteur (bouchon de liège) à l'aide d'un chronomètre.

Compte tenu du temps imparti l'essentiel de nos prélèvements ont été réalisés à une période de 3 journées, à des horaires variables (de 8h à 16h00), de manière à recueillir des données représentatives du dynamisme temporel du milieu.

3.2.2. Techniques de pêche du peuplement ichthyologique

Outre les mesures des paramètres physico-chimiques, des prélèvements piscicoles ont été réalisés sur les habitats des stations choisis pour cette étude. En fonction de la bathymétrie de la station, le piégeage des poissons s'est opéré avec 2 engins de pêche destructeurs distincts mais complémentaires.

3.2.2.1. Pêche électrique

La méthode de la pêche électrique nécessite un appareil électrique portatif qu'on ne peut utiliser qu'à de faibles profondeurs ($< 0,5$ m). Le dispositif génère généralement des tensions continues comprises entre 500 et 580 volts. Un courant établi entre une cathode fixe traînée dans l'eau et une anode mobile (cercle immergé dans l'eau reliée à une manche) attire le poisson qui manifeste des réactions allant de la nage inhibée à l'électronarcose. Les poissons ainsi tétanisés sont alors récupérés à l'aide d'une épuisette. Enfin pour éviter tout danger d'électrocution, le port des cuissardes et des gants de caoutchouc est fortement recommandé.

L'étendue de la station d'échantillonnage compte une surface fluviale dont la longueur correspond au moins à dix fois supérieure à la largeur du lit mouillé. L'effort de pêche a été maintenu constant (45 et 60 min); quatre passages consécutifs étaient effectués d'une quinzaine de minutes chacun (Touchart & Clave, 2009).



Photo 4. Déroulement d'une pêche électrique à la Station II.

3.2.2.2. Pêche au filet maillant

Le filet trémail constitué de 3 nappes adjacentes ($L = 20$ m, d'une hauteur de chute = 2m, vide de maille de la nappe centrale = 95 mm et vide de l'emmaille = 165 mm) a été utilisé sur des profondeurs supérieurs à 1 m (Fig. 15). En effet, dans la grande majorité des cas, le système d'horaire propice à la pêche dans cette étude est diurne et la plage horaire pour chacune des pauses est comprise entre 3 et 4 h. Pour chaque capture, nous avons noté les espèces piégées ainsi que le nombre d'individus par espèce.

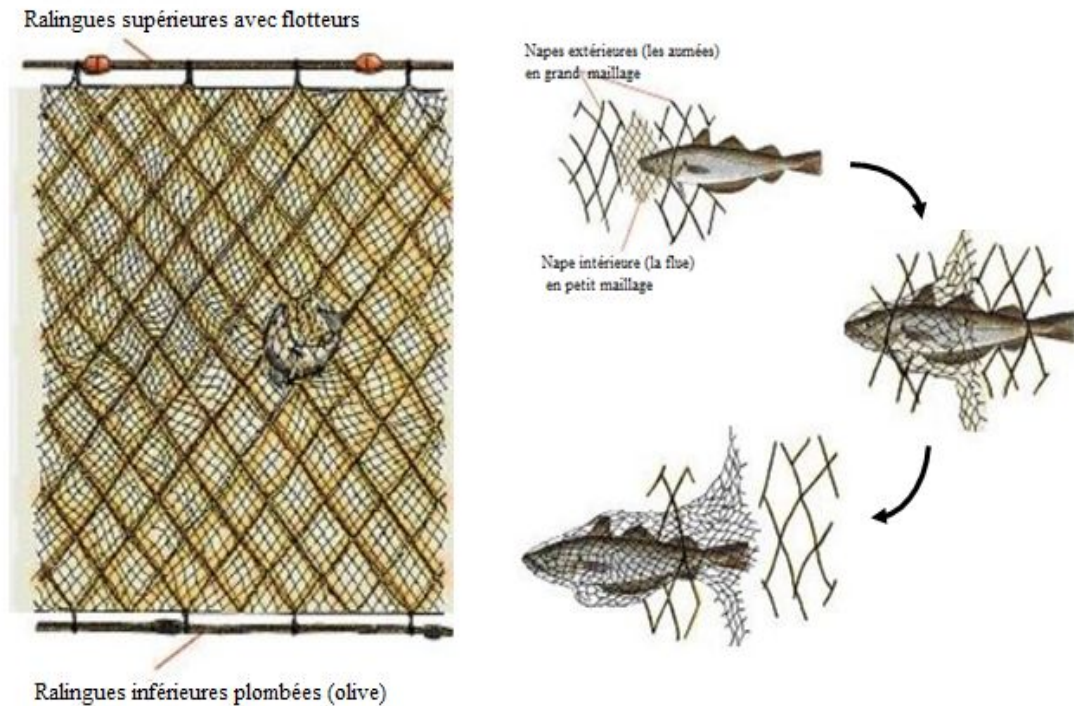


Figure 15. Description et principe de fonctionnement d'un filet trémail.

3.3. Caractéristiques taxonomiques et morphométriques de l'ichtyofaune

Les captures une fois ramenés au laboratoire dans une glacière à 4°C sont immédiatement triées, identifiées au niveau spécifique puis dénombrées. Ensuite chaque poisson frais est mesuré au millimètre près et pesé au gramme près. L'identification des espèces s'est effectuée en utilisant des clés taxonomiques des poissons (Daget *et al.*, 1984; Fischer *et al.*, 1987 et Fiche Dynamique GVS / Guide des Vertèbres du Sahara / Fiches spécifiques).

3.3.1. Caractéristiques morphométriques

La figure 16 illustre les principales longueurs prises sur les poissons à savoir :

- la longueur totale (Lt) mesurée de l'extrémité du museau (exclusion de barbillons) à celle de la nageoire caudale dont les lobes sont rapprochés afin de donner une valeur maximale à la mesure (Ricker, 1971);
- la longueur à la fourche (Lf) mesurée de l'extrémité du museau à l'échancrure médiane, et,
- la longueur standard (Ls) mesurée de la pointe du museau à la pointe de l'os hypural, ou de la partie charnue du pédoncule caudal, c'est-à-dire, à l'exclusion de la nageoire caudale.

Tous les poissons ont été pesés au centième de grammes (poids total Wt et poids éviscéré Wé) sur une balance Sartorius.

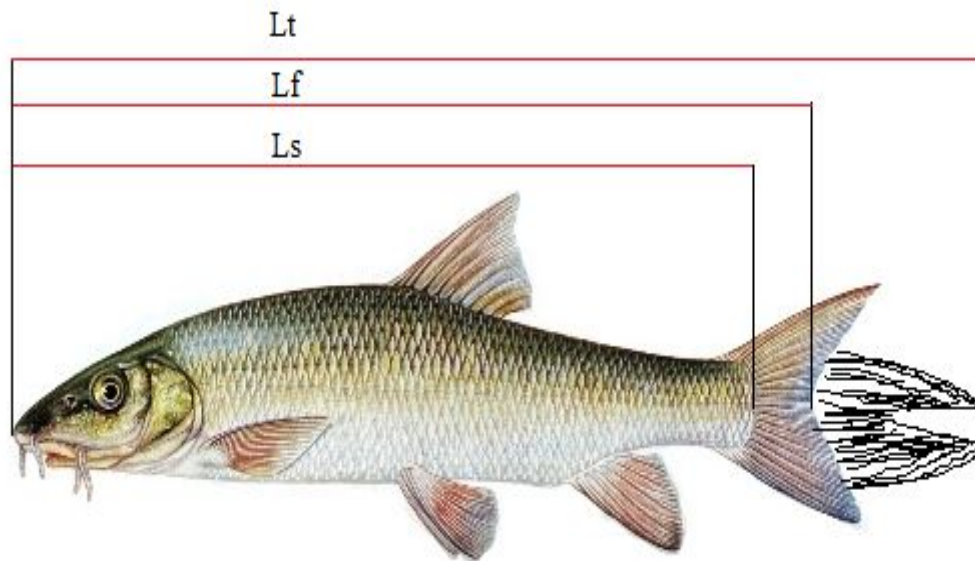


Figure 16. Principales longueurs prises sur les poissons (exemple : *Barbus callensis*, dans le cas présent).

3.4. Méthodes d'analyse de la structure du peuplement ichthyologique

Le peuplement ichthyologique a été étudié essentiellement d'un point de vue écologique en utilisant divers indices classiques. Dans cette présente étude, nous sommes intéressés à la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité qui sont utiles pour la caractérisation de différents peuplements ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (Barbault, 1995). Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci dans l'espace et dans le temps (Dajoz, 1985).

3.4.1. Indices écologiques

Les difficultés d'interprétation des données physico-chimiques, des évolutions de la morphologie et des interactions complexes entre ces éléments ont poussé les chercheurs en écologie à utiliser les indicateurs écologiques pour mieux apprécier l'état de santé des cours d'eau. Des estimations quantitatives, qui auraient imposé plusieurs pêches successives, n'ont pu être effectuées; les abondances relatives des espèces sont donc à considérer avec prudence et les résultats doivent être examinés avec la plus grande circonspection. Néanmoins, afin d'autoriser une comparaison inter-stations, une attention particulière a été portée afin que les conditions soient similaires, notamment en termes d'effort de pêche (durée comprise entre 45 et 60 minutes, une seule équipe...)

que chaque type d'habitat représenté soit prospecté pour favoriser la récolte des différentes espèces présentes.

Le poisson se situe au sommet de la chaîne alimentaire des cours d'eau et exploite un territoire vaste. Ainsi, son étude va pouvoir nous renseigner sur des événements physiques, chimiques ou biologiques qui se sont déroulés à une échelle spatio-temporelle large. Il intègre bien les perturbations hydro-morphologiques et s'adapte aux modifications du milieu, en recherchant les conditions optimales à son développement, notamment en termes d'habitat et qualité d'eau. Enfin, les analyses de diversité et indices écologiques, ont été déterminées, comme la fréquence d'occurrence, l'indice de Shannon-Weaver (Shannon-Weaver, 1963), la mesure de l'équitabilité correspondant à l'indice de Shannon-Weaver, les indices de dominance: l'indice de Simpson (Simpson, 1949) et l'indice de Hill (Hill, 1973).

3.4.1.1. Fréquence d'occurrence

La constance désigne en écologie le degré de fréquence avec lequel une espèce d'une biocénose donnée se rencontre dans les échantillons de cette dernière (Ramade, 2008). La constance, appelée aussi fréquence d'apparition ou fréquence d'occurrence est calculée par le rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (P_i) au nombre total de relevés (P) effectués, exprimée en pourcentage (Dajoz, 2006).

$$F = \frac{P_i}{P} \times 100$$

F : fréquence d'occurrence de l'espèce.

P_a : nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération.

P : le nombre total de prélèvements.

Selon Dajoz (1985), on distingue 3 statuts différents: les espèces constantes ($F \geq 50\%$), les espèces accessoires ($25\% < F < 50\%$) et les espèces accidentelles ($F \leq 25\%$).

3.4.1.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver (1963) (H')

La diversité spécifique peut être définie comme une mesure de la composition en espèces d'un écosystème, en termes du nombre d'espèces et de leurs abondances relatives. On mesure la diversité de communautés biologiques dans le but de mettre cette mesure en relation avec d'autres propriétés de ces communautés, telle la

productivité ou la stabilité, ou encore de la relier à divers descripteurs du milieu auquel chaque communauté est exposée. Certaines comparaisons avec des variables de production ou des descripteurs du milieu pourront alors rendre préférable une mesure de la diversité spécifique basée, non plus sur le nombre d'individus, mais sur la biomasse ou le poids sec, la productivité, la fécondité ou toute mesure énergétique appropriée (Legendre et Legendre, 1979).

L'indice de Shannon- Weaver H' (Shannon et Weaver, 1963) est une mesure de diversité spécifique couramment employée, en relation avec les fréquences relatives des différentes espèces de l'échantillon. $H' = 0$ quand l'échantillon ne contient qu'une seule espèce (ou une espèce dominante) et augmente à mesure que s'accroît le nombre d'espèces. Pour un nombre donné d'espèces, H' est maximum quand toutes les espèces sont également représentées dans l'échantillon. Il est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares. Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Où :

p_i : abondance proportionnelle (relative) du taxon i par rapport aux autres taxons ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$.

S : nombre total d'espèces.

n_i : nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon.

N : nombre total d'individus (taxons) de toutes les espèces dans l'échantillon.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log_2 S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance). L'indice I_{sh} est exprimé en bits par individu (Pielou, 1977). Cet indice peut indiquer une structure stable et équilibrée de l'habitat à des valeurs proches de 3, tandis que des valeurs inférieures à 1 traduisent une dégradation et une pollution de la structure de l'habitat (Türkmen & Kazanci, 2010).

3.4.1.3. Indice d'équitabilité de Pielou (1966) (J')

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Pielou (1969). L'équitabilité (J') est le rapport entre l'indice de diversité réel (H') et la diversité maximale théorique (H'_{max}) du peuplement qu'on obtiendrait si toutes les espèces étaient représentées par un effectif identique (Alatalo 1981; Ramade 1981).

$$J' = H' / H'_{max}$$

$H'_{max} = \log_2 S$ (S= nombre total d'espèces)

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces). Un indice d'équitabilité inférieur à 60%, caractérise un environnement perturbé.

3.4.1.4. Indice de diversité de Simpson (1949)

L'échelle s'étend de 0 à 1 où 1 représente le plus faible niveau de biodiversité.

$$I_{sim} = \frac{\sum ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'organismes.

3.4.1.5. Indice de diversité de Hill (1973)

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. Le rapport $1/I_{sim}$ va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants tandis que le rapport $e^{I_{sh}}$ va en revanche permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares. Plus l'indice de Hill est proche de la valeur 1 et plus la diversité est faible.

$$I_{Hill} = (1/I_{sim})/e^{H'}$$

$1/I_{sim}$: c'est l'inverse de l'indice de Simpson;

$e^{H'}$: c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon.

3.5. Analyses statistiques

Les résultats des analyses de laboratoire ont été saisis sur Excel. Le suivi physico-chimique des eaux permettra d'établir le degré de pollution en confrontant les concentrations en polluants à des seuils de qualité (= normes de qualité environnementale), selon la nouvelle grille du système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau SEQ-Eau (Oudin et Maupas, 2003), qui découle de l'application de la directive cadre européenne.

Un autre type d'analyse exploratoire proposé par Tukey (1977) a été également utilisé, permettant ici, de mettre en évidence la dispersion des données morphométriques. Il s'agit de la boîte à moustaches qui relève de la catégorie plus générale des box plot. Ce dernier permet de mettre en évidence la dispersion des données. La boîte à moustaches permet la présentation de 5 valeurs qui résument les données : le minimum, les 3 quartiles Q1, Q2 (médiane), Q3 et le maximum. La valeur du 1^{er} quartile Q1 ou 25^{ème} centile (25% des effectifs), correspondant au trait inférieur de la boîte, la valeur du 2^{ème} quartile Q2 (50% des effectifs), représentée par un trait horizontal à l'intérieur de la boîte, 50% des observations sont donc situées dans la boîte. La valeur du 3^{ème} quartile Q3 ou 75^{ème} centile (75% des effectifs), correspondant au trait supérieur de la boîte. Les barres en « T » ou (moustaches) sont les lignes qui s'étirent du haut et du bas de la boîte jusqu'aux valeurs adjacentes, à savoir la plus petite et la plus grande observation encore comprise dans la zone définie par la limite inférieure : $Q1-1,5 (Q3- Q1)$ et par la limite supérieure : $Q3+1,5 (Q3- Q1)$. Ces 2 moustaches, délimitent les valeurs dites adjacentes qui sont déterminées à partir de l'écart interquartile ($Q3-Q1$). Les points au-dessus ou en dessous des barres en T «valeurs adjacentes» sont les valeurs éloignées dites extrêmes, atypiques, exceptionnelles, (outliers) sont individualisées : les cercles sont 1,5 fois supérieurs à la hauteur des boîtes et les étoiles sont 3 fois supérieures à la hauteur des boîtes.

La présence de variations spatiales statistiquement significatives de la qualité de l'eau entre les stations 1 à 3 a été vérifiée à l'aide d'analyses de variance, la comparaison des moyennes s'est effectuée en utilisant le test de Tukey HSD, fournie par le logiciel Minitab 17. Le test a été appliqué à un niveau de probabilité de $p = 0,05$ afin de rechercher d'éventuelles différences significatives entre les moyennes. Le risque de 5% que nous avons choisi est utilisé pour déterminer la valeur critique q , qui est comparée à la différence standardisée entre les moyennes.

Enfin pour envisager la stratégie adaptative de la population de *B. callensis* (espèce la plus abondante) aux conditions environnementales, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée. Les matrices de corrélations intermédiaires, les coefficients de corrélations entre les variables et les deux axes F1 et F2 et la projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2 ont été également obtenues à l'aide du logiciel Statbox d'analyse et de traitement statistique des données, version 2.5 pour Windows. Cette méthode d'analyse est utilisée pour appréhender l'intensité des relations unissant une unité faunistique aux facteurs environnementaux (Bodiou et Chardy, 1973).





CHAPITRE 4

RESULTATS

4.1. Caractéristiques environnementales

4.1.1. Evolution spatiotemporelle des Paramètres physiques

4.1.1.1. Température

Nous avons relevé dans la région d'étude de légères variations annuelles de la température de l'eau (Fig. 17). Dans la station I, la température moyenne annuelle la plus élevée a été notée en 2013 (18,04 °C), et la plus basse en 2011 (15,5°C). Les stations II et III, montrent des températures maximales atteignant respectivement 17,13 °C et 20,43 °C en 2012. Les températures minimales enregistrées successivement dans ces deux dernières zones sont de 14,93 °C en 2013 et de 17,68 °C en 2014 respectivement.

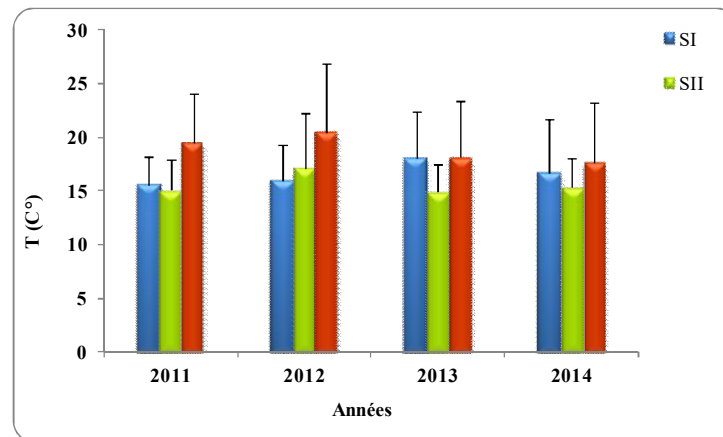


Figure 17. Variabilité spatiotemporelle de la température moyenne 2011-2014.

4.1.1.2. Potentiel hydrogène

Dans l'ensemble des stations échantillonnées le pH est légèrement neutre à alcalin (Fig. 18), aussi bien en période de pluie qu'en période sèche. En effet, il varie entre 7,90 en 2011 et 8,07 en 2014 dans la station I et entre 8,07 en 2011 et 8,29 en 2014 dans la station II. L'alcalinité a tendance à augmenter d'amont en aval avec des valeurs oscillantes entre 8,16 en 2012 pour atteindre un maximum de 9,77 en 2014.

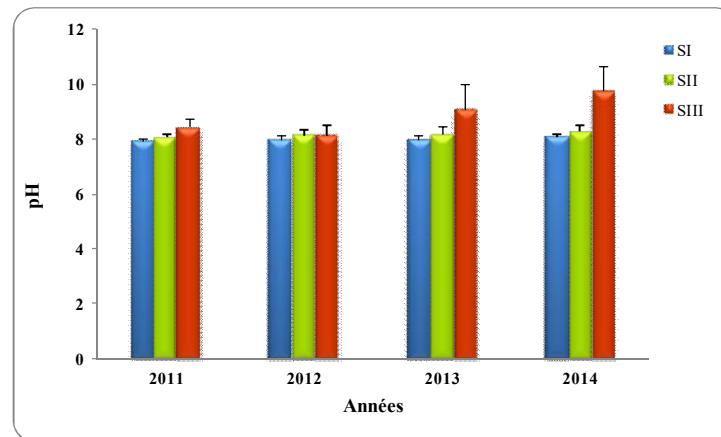


Figure 18. Variabilité spatiotemporelle du Potentiel hydrogène 2011-2014.

4.1.1.3. Conductivité électrique

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique, montrent des variations importantes (Fig. 19). Elles fluctuent entre 1306,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2012 et 1887,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2013 à la station I. Les variations à la station II restent faibles aux valeurs acquises à la station I, indiquant une allure stable pendant toute la période d'étude. Les eaux en aval du bassin (SIII), présentent des variations sensibles de minéralisation avec des valeurs allant entre 1905,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2014 et un pic de 4573,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré en 2012.

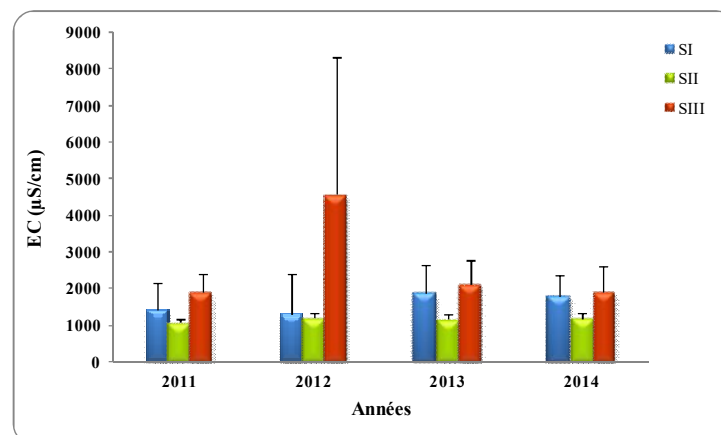


Figure 19. Variabilité spatiotemporelle de la conductivité électrique 2011-2014.

4.1.1.4. Salinité

L'analyse des moyennes annuelles de la salinité (Fig. 20), montre des valeurs comprises entre 0,35 ‰ en 2014 et 0,75 ‰ en 2011 à la station I. Les eaux du bassin de la Seybouse montrent de faibles variations halines entre la haute (SI) et la

moyenne Seybouse (SII). L'évolution spatiale de la salinité révèle de fortes valeurs au niveau de la station III en aval du bassin vers l'embouchure et présente des valeurs comprises entre 4,28 ‰, observée (2014) et un pic de 5,13 ‰ (2012).

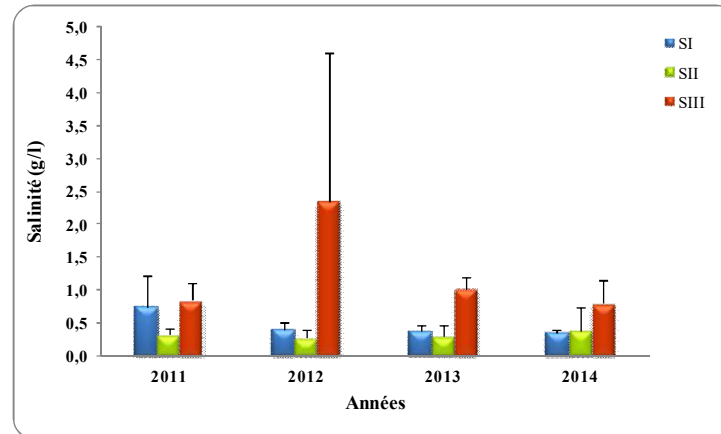


Figure 20. Variabilité spatiotemporelle de la salinité 2011-2014.

4.1.1.5. Potentiel d'oxydoréduction

Les valeurs moyennes sont élevées dans les eaux de la station I (Fig. 21), avec des concentrations comprises entre - 73,5 mV en 2011 et -122,5 mV en 2012 et fluctuent entre - 81,50 mV en 2011 et 104,75 mV en 2012 au niveau de la station II. Par contre, au niveau de la station III, les valeurs sont plus élevées et s'échelonnent entre - 71,75 mV en 2012 et -154,25 mV en 2014.

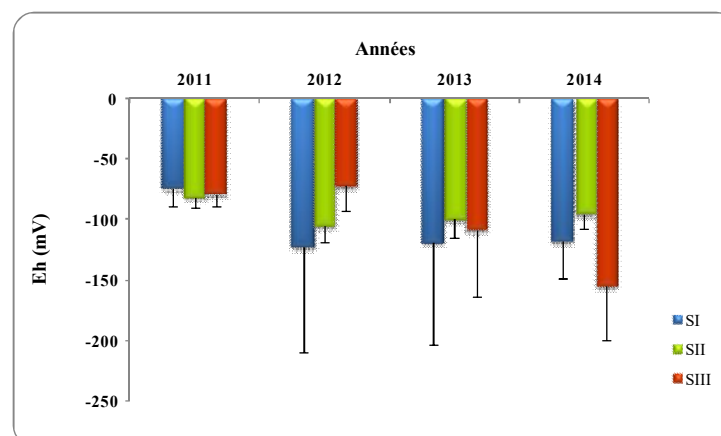


Figure 21. Variabilité spatiotemporelle du Potentiel redox 2011-2014.

4.1.1.6. Oxygène dissous

L'évolution spatiotemporelle de l'oxygène dissous montre des concentrations plus élevées à la station I et II (Fig. 22). En effet, les teneurs enregistrées varient entre 4,50 mg/l en 2014 et 5,80 mg/l en 2013 à la station I et entre 5,23 mg/l en 2014 et 5,45 mg/l en 2011 à la station II. Les valeurs les plus faibles sont relevées dans la station III et s'échelonnent entre 4,28 mg/l en 2014 et 5,13 mg/l en 2012.

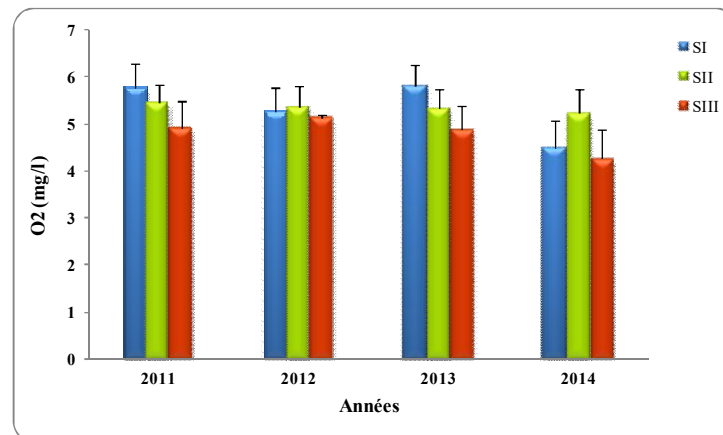


Figure 22. Variabilité spatiotemporelle de l'Oxygène dissous 2011-2014.

4.1.1.7. Turbidité

Dans le bassin de la Seybouse, la turbidité, variait notamment dans la station II, avec des valeurs comprises entre 29,53 NTU en 2011 et 341,14 NTU en 2012 (Fig. 23). Par contre, les eaux des stations I et II sont peu turbides.

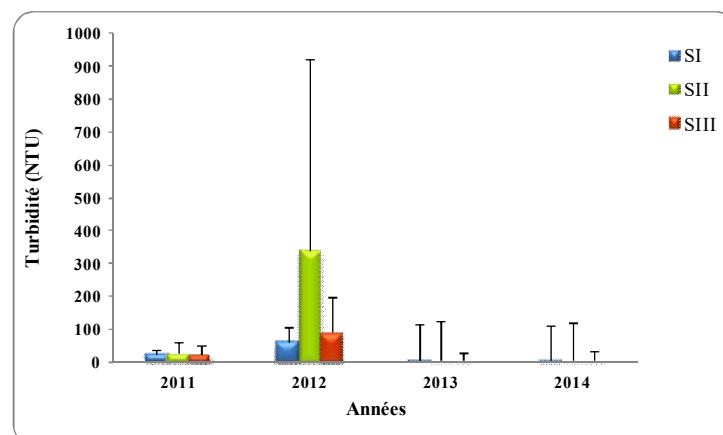


Figure 23. Variabilité spatiotemporelle de la turbidité 2011-2014.

4.1.2. Evolution spatiotemporelle des paramètres chimiques

4.1.2.1. Calcium

Sur l'ensemble de la période d'étude, les teneurs des eaux en calcium (Fig. 24), oscillent régulièrement entre les sites échantillonnés. Les valeurs les plus élevées sont observées dans la station I avec des moyennes variant entre 133,75 mg/l en 2012 et 137,30 mg/l en 2013. La station II affiche de faibles valeurs (71,63 mg/l en 2012 et 73,50 mg/l en 2014) par rapport à celles relevées à la station I. Dans la station III, les teneurs des eaux en calcium sont moins élevées (103,64 mg/l en 2013 et 118,68 mg/l en 2012).

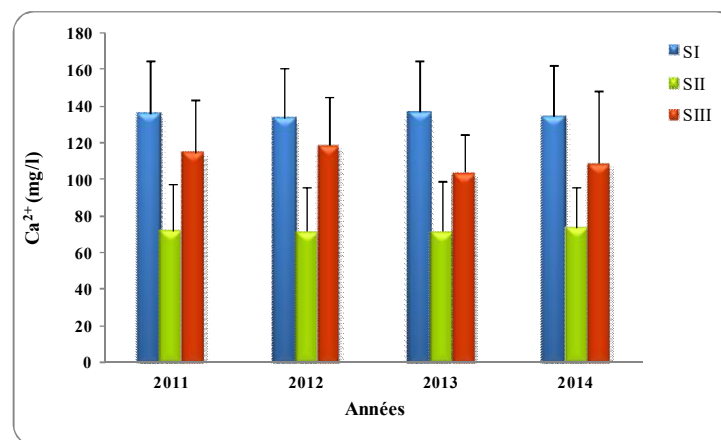


Figure 24. Variabilité spatiotemporelle du calcium 2011-2014.

4.1.2.2. Magnésium

Les variations de magnésium sont faibles entre les 3 stations (Fig. 25). Dans les échantillons d'eau analysés, les teneurs en magnésium varient entre 61,30 mg/l dans la station II en 2014 et 109,91 mg/l dans la station III en 2012. Au niveau de la station III, la concentration en ions de magnésium atteint son pic en 2012 avec une valeur de l'ordre de 109,91 mg/l, alors que la teneur minimale est observée en 2014 dans la station II (61,30 mg/l).

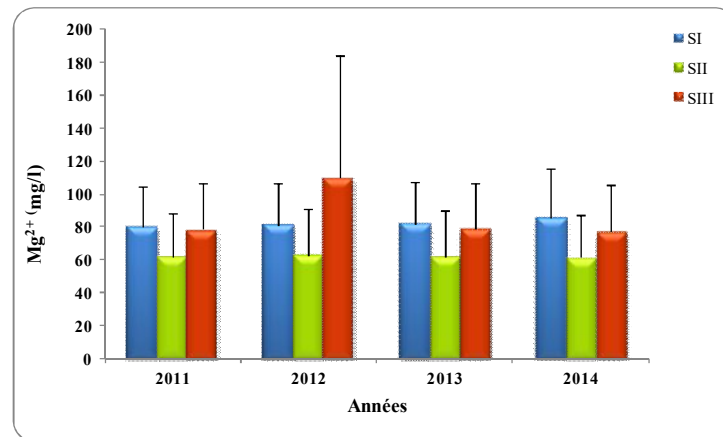


Figure 25. Variabilité spatiotemporelle du magnésium 2011-2014.

4.1.2.3. Dureté totale (titre hydrotimétrique total)

Dans les échantillons analysés (Fig. 26), ce paramètre présente une forte variation dans les stations I et II. Les valeurs maximales enregistrées oscillent entre 70,91°F et 52,73 °F en 2013. Dans la station avale du bassin, nous relevons des valeurs de 62,50 °F en 2013 et de 68,25°F en 2014.

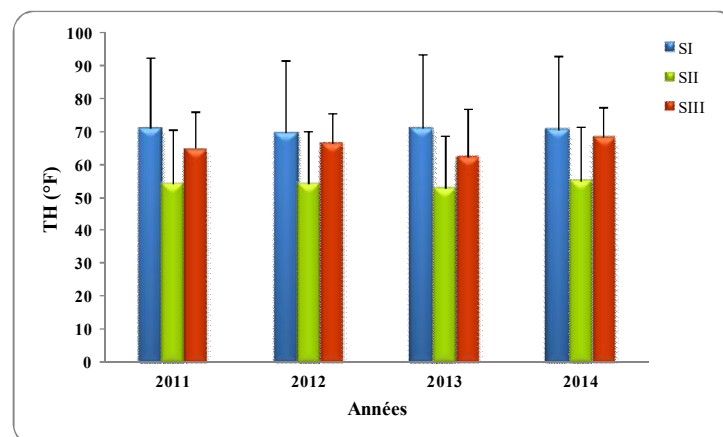


Figure 26. Variabilité spatiotemporelle de la dureté totale 2011-2014.

4.1.2.4. Chlorure

Les teneurs naturelles en chlorures (Fig. 27) relevées dans la station III sont plus élevées que celles enregistrées dans les stations I et II. Elles oscillent entre 174,53 mg/l en 2013 et 249,83 mg/l en 2014 à la station I et entre 177,75 mg/l en 2011 et 197,12 mg/l en 2013 dans la station II. Par contre, les valeurs obtenues dans les eaux de la station III sont très élevées et oscillent entre 677,28 mg/l en 2011 et 1404,21 mg/l en 2012.

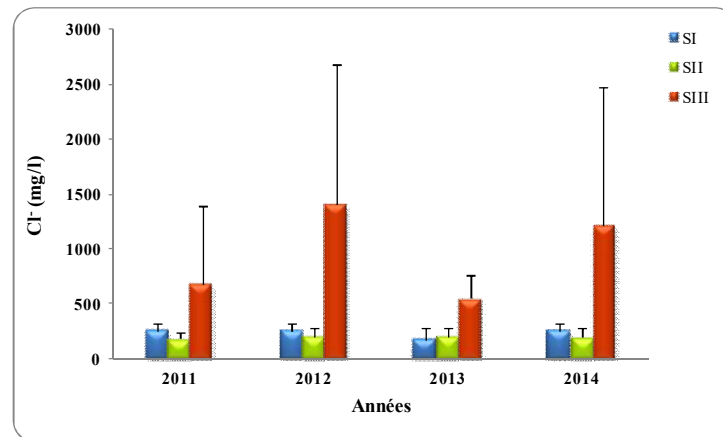


Figure 27. Variabilité spatiotemporelle des chlorures 2011-2014.

4.1.2.5. Potassium

Les concentrations en ions potassiums relevées dans la zone d'étude (Fig. 28), s'échelonnent entre 35,25 mg/l en 2011 et 36,75 mg/l en 2014 dans la station I et entre 52,25 mg/l en 2012 et 54,00 mg/l en 2013 dans la station II. Les valeurs maximales sont observées dans la station III (91,75 mg/l en 2012 et 79,25 mg/l en 2014).

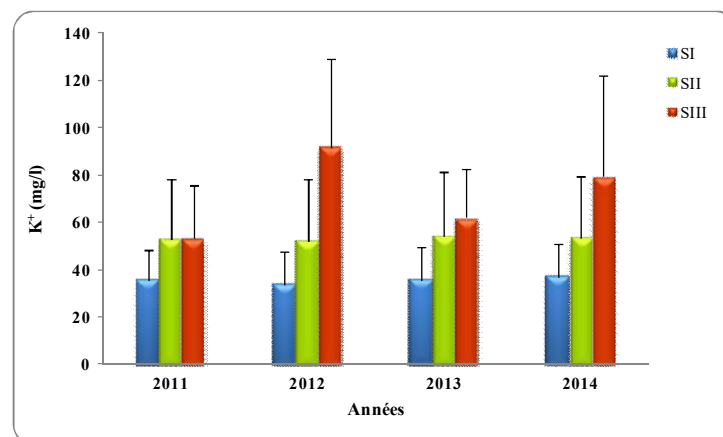


Figure 28. Variabilité spatiotemporelle du potassium 2011-2014.

4.1.2.6. Sulfates

L'analyse spatiotemporelle des variations des sulfates a montré, que les stations étudiées (Fig. 29), excepté la station III, affichent des moyennes qui dessinent une évolution de l'amont vers l'aval avec 74,75 mg/l à 80,00 mg/l enregistrées dans la station I en 2011 et 2014 respectivement et de 92,50 mg/l à 96,00 mg/l dans la station II en 2011 et 2014 respectivement. Par contre les teneurs

moyennes de sulfates dans la III, sont variables et atteignent leurs plus grandes valeurs en 2012 avec 419,25 mg/l.

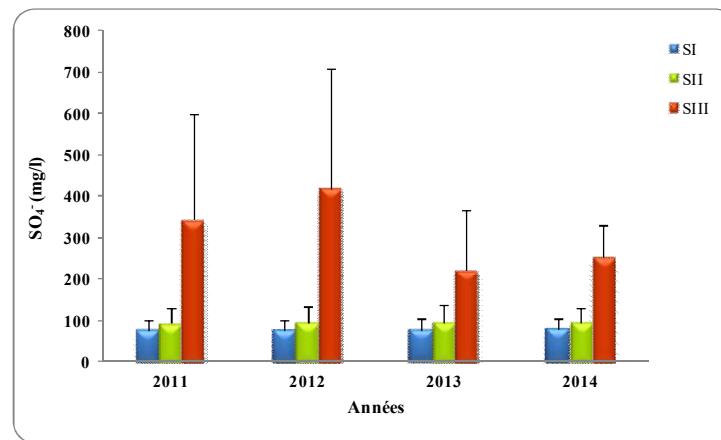


Figure 29. Variabilité spatiotemporelle des sulfates 2011-2014.

4.1.2.7. Résidu sec

L'analyse chimique des échantillons d'eaux (Fig. 30), montrent que les valeurs de résidu sec sont proches dans les stations I et II et s'échelonnent respectivement entre 815,33 mg/l en 2013 et 1185,02 mg/l en 2012. Les fortes valeurs sont enregistrées dans la station III avec une valeur maximale de 3403,13 mg/l en 2012.

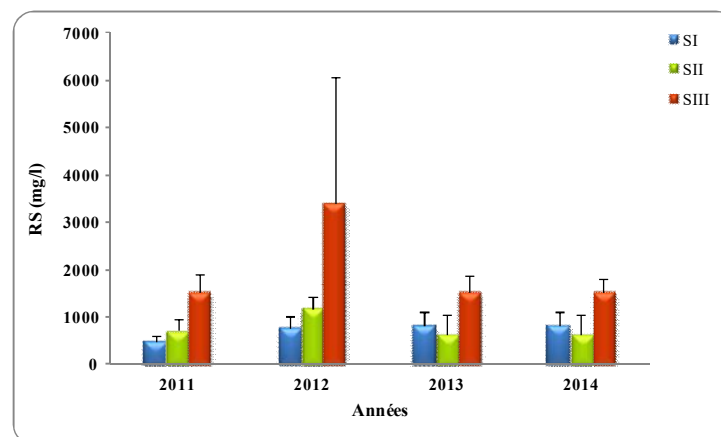


Figure 30. Variabilité spatiotemporelle des Résidu sec 2011-2014.

4.1.3. Evolution spatiotemporelle des paramètres de pollution

4.1.3.1. Nitrates

Les teneurs en nitrates dans les eaux du bassin de la Seybouse (Fig. 31), montrent une légère variation avec des teneurs qui oscillent entre 27,15 mg/l en 2011

et 28,13 mg/l en 2012 (SI). Les teneurs maximales sont observées au cours de la même année dans la station II, oscillant entre 35,45 mg/l en 2014 et 39,10 mg/l. Par contre, les fluctuations demeurent faibles dans la station III avec des teneurs de 26,13 mg/l en 2012 et 28,16 mg/l en 2014.

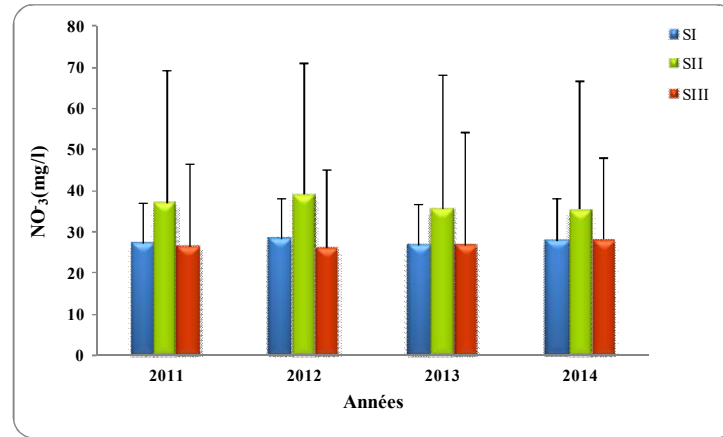


Figure 31. Variabilité spatiotemporelle des nitrates 2011-2014.

4.1.3.2. Nitrites

Les eaux du bassin de la Seybouse marquent des teneurs en nitrites faibles à tous les points de mesure avec deux pics enregistrés dans la station III, l'un en 2011 (5,38 mg/l) et l'autre en 2012 (7,23 mg/l) (Fig. 32).

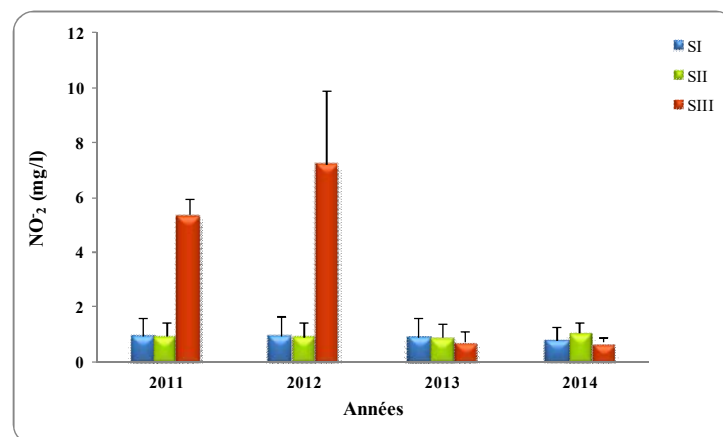


Figure 32. Variabilité spatiotemporelle des nitrites.

4.1.3.3. Ammonium

Les teneurs en ammonium dans les stations I et III sont globalement élevées pendant la période d'étude. Les concentrations varient entre 3,66 mg/l en 2013 (SI) et 3,44 mg/l en 2012 (SIII). Les teneurs les plus faibles sont enregistrées dans la station II, les teneurs oscillent entre (1,19 mg/l en 2014 et 1,38 mg/l en 2012) (Fig. 33).

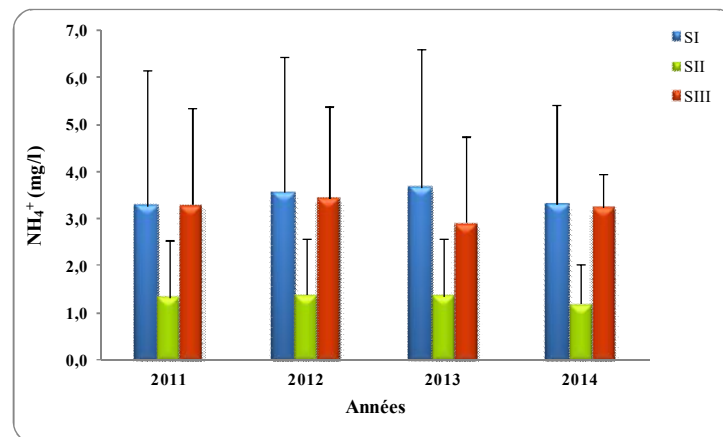


Figure 33. Variabilité spatiotemporelle de l'ammonium.

4.1.3.4. Ortho phosphates

D'une manière générale, les teneurs en ortho phosphates sont variables d'une station à une autre (Fig. 34). Les valeurs maximales consignées atteignent 9,18 mg/l en 2014 et 6,45 mg/l en 2012 à la station III. Toutes les valeurs demeurent d'une très faible fluctuation, à l'exception de celles enregistrées à la station II, où la valeur maximale est de 6,13 mg/l en 2014 et la valeur minimale de 3,03 mg/l en 2013.

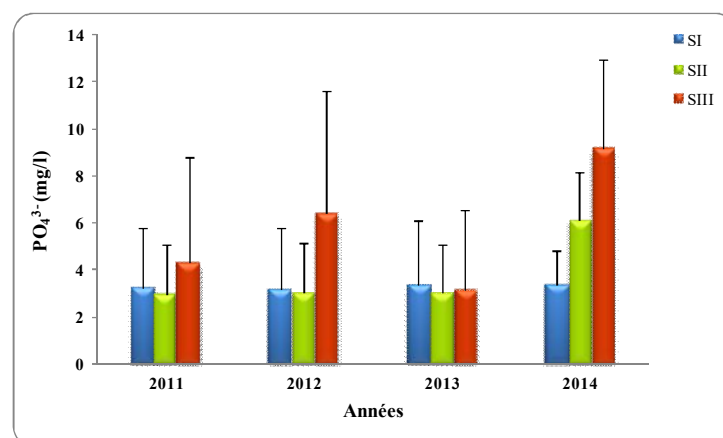


Figure 34. Variabilité spatiotemporelle des phosphates.

4.1.3.5. Matière organique

Les teneurs en matière organique (M.O) fluctuent dans l'espace et dans le temps dans la station III (Fig. 35). En effet, cette dernière présente une forte pollution organique tout le long de la période d'étude avec des valeurs variant entre 6,29 mg/l en 2014 et 7,07 mg/l en 2012. Dans les stations I et II, la teneur en (M.O) indique le même niveau de pollution, de l'ordre respectif de 3,63 mg/l et 3,38 mg/l en 2014. L'altération évolue d'une manière régressive en passant d'une pollution modérée au niveau de la station I à une pollution faible au niveau de la station II.

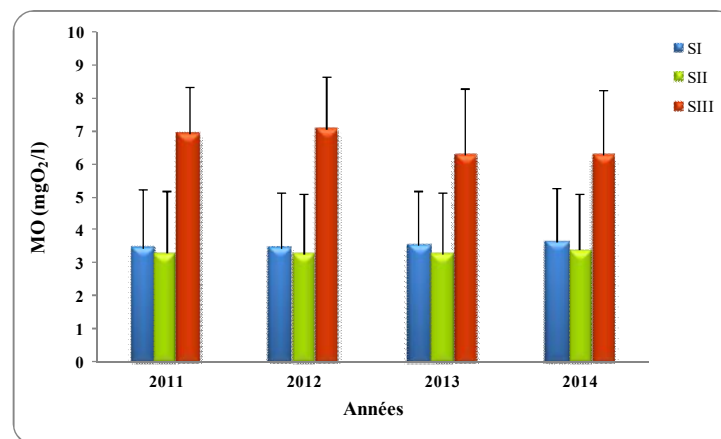


Figure 35. Variabilité spatiotemporelle de la matière organique.

4.1.3.6. Matière en suspension

Les plus faibles teneurs en matière en suspension (MES) durant la période d'étude sont de l'ordre de 25,38 mg/l dans la station III en 2014, tandis que les plus fortes valeurs caractérisent les stations I et III, soit, 28,21 mg/l et 28,9 mg/l en 2012 respectivement (Fig. 36).

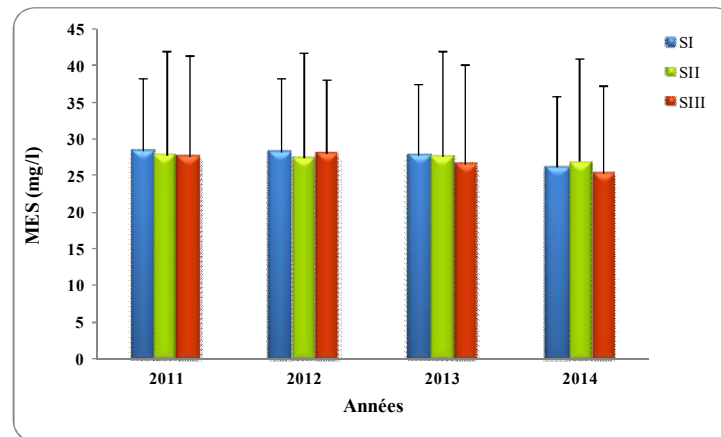


Figure 36. Variabilité spatiotemporelle des matières en suspension.

4.2. Composition et structure des ichtyocénoses autochtones

4.2.1. Description de l'ichtyofaune globale

Au total, 7 espèces appartenant à 6 genres et 4 familles ont été répertoriées sur les cours d'eau du bassin de la Seybouse (Tab. 8). Sur l'ensemble des prises réalisées à l'échelle du bassin de la Seybouse, nous avons constaté une nette prédominance du barbeau *Barbus callensis* (72.86%), suivis des Mugilidae *Mugil cephalus* (10.86%) et *M. auratus* (10.20%). puis des pseudophoxinelles *Pseudophoxinus callensis* (3.29%), du loup *Dicentrarchus labrax* (1.32%), de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* (0.82%) et enfin du loup ponctué *D. punctatus* (0.66%). Cette composition du peuplement est marquée par une nette dominance des Cyprinidae d'eaux courantes en amont de la haute (SI) et de la moyenne Seybouse (SII) sur les espèces d'eaux dormantes estuarienne. Ces dernières ayant tendance à coloniser l'aval du bassin dans la station III et même à remonter vers les eaux encore dormantes de la Seybouse maritime.

Tableau 8. Composition et abondance ichtyologiques dans le bassin de la Seybouse.

| Famille | Espèces | Nom | N Station I | N Station II | N Station III | Total N |
|-------------|---|---------------------|----------------|-----------------|------------------|------------|
| Cyprinidae | <i>Barbus callensis</i> (valenciennes, 1842) | Barbeau | 177 | 165 | 101 | 443 |
| | <i>Pseudophoxinus callensis</i> (guichenot, 1850) | Able de Chaignon | 00 | 20 | 00 | 20 |
| Mugilidae | <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) | Mulet à grosse tête | 00 | 00 | 66 | 66 |
| | <i>Mugil auratus</i> (Risso, 1810) | Mulet doré | 00 | 00 | 62 | 62 |
| Moronidae | <i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758) | Bar européen | 00 | 00 | 08 | 8 |
| | <i>Dicentrarchus punctatus</i> (Bloch, 1792) | Bar moucheté | 00 | 00 | 04 | 4 |
| Anguillidae | <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus 1758) | Anguille d'Europe | 00 | 00 | 05 | 5 |
| | | | 177 | 185 | 246 | 608 |

Nous présentons ci-dessous les principales caractéristiques taxonomiques et écobioologiques des 7 espèces pêchées dans le bassin de la Seybouse (Annexes : 11 ; 12 ; 13 ; 14 ; 15 ; 16 et 17).

4.2.2. *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842), Barbeau

Synonymes :

- *Barbus setivimensis* Valenciennes, 1842
- *Barbus ksibi* Boulenger, 1905
- *Barbus antinorii* Boulenger, 1911
- *Barbus biscarensis* Boulenger, 1911
- *Barbus figuiensis* Pellegrin, 1913
- *Barbus pallaryi* Pellegrin, 1919
- *Barbus capito massaensis* Pellegrin, 1922
- *Barbus issenensis* Pellegrin, 1922
- *Barbus massaensis* Pellegrin, 1922
- *Barbus moulouyensis* Pellegrin, 1924
- *Barbus lepineyi* Pellegrin, 1939

Noms vernaculaires : Ar – EL Bouni, Boulbis; Fr- Barbeau de Calle

Caractères distinctifs

Corps allongé aplati ventralement, dos légèrement bombé est brun-vert, à éclat métallique, les flancs sont dorés, ventre blanc argenté, museau allongé ; lèvres charnues ; 2 paires de barbillons ; dents pharyngiennes réparties sur trois rangées : 4 (5) +3+2. La nageoire pectorale est pointue, la ventrale arrondie, la dorsale a un gros rayon dentelé, son bord est coupé carrément, la caudale est fourchue, l'anale est longue et grêle, sans atteindre cependant la base de la nageoire de la queue. Les écailles, à stries concentriques, sont au nombre de 40-46 sur la longueur et de 13 sur la hauteur. Les dents pharyngiennes sont courtes et grosses sur 3 rangées. La dorsale porte 4 rayons branchus, dont le dernier est épineux et denticulé, et 8 rayons mous et ramifiés. L'anale porte 3 rayons branchus et 5 mous. Sa taille varie entre 25-30 cm et peut atteindre 70-80 cm.

Eléments d'écobiologie

Barbus callensis vit sur le fond dans les cours d'eau permanents ou même temporaires, où il se réfugie, lors des assèchements estivaux, dans les quelques trous ou points d'eau restants. Les adultes, sont omnivore à tendance zoophage, alors que jeunes, ils sont strictement benthophages. La fraie est printanière et il se reproduit quand la température de l'eau dépasse 15°C. Cette espèce est prolifique et sa croissance est intimement liée aux conditions du milieu surtout la température. Cette espèce des eaux continentales est commune en Afrique du Nord où elle est signalée au Maroc, en Algérie et en Tunisie. Il s'agit d'une espèce assez commune et le plus abondant. Il s'est bien adapté à la vie dans les retenues de barrages et dans les lacs collinaires, où il a connu une grande prolifération vue la disponibilité d'eau tout au long de l'année et une abondance de la nourriture. *Barbus callensis* peut se rencontrer parfois en eau saumâtre, des incursions en eau saumâtre qu'il quitte dès l'augmentation de la salinité au-delà du seuil de tolérance (< 20‰) (Chaouchi et Ben Hassine, 1998).

4.2.3. *Pseudophoxinus callensis* (Guichenot, 1850), Able de Chaignon

Synonymes :

- *Leuciscus callensis* (Guichenot, 1850) ;
- *Phoxinellus chaignoni* (Vaillant, 1904) ;
- *Leuciscus chaignoni* (Boulenger, 1911).

Caractères distinctifs

Pseudophoxinus callensis (Guichenot, 1850) est un Cyprinidae de petite taille à queue fourchue, dépassant rarement les 10 cm de longueur, sans barbillons ni lèvres. Le museau est arrondi et la bouche terminale. Son corps est fusiforme ; sa nageoire dorsale commence au milieu de la distance ventrale - anale. Son bord supérieur est convexe. Elle présente cinq rayons mous. La caudale présente souvent des ponctuations noires. La partie dorsale et le haut des flancs varient du brun clair au vert olive clair. Les flancs et le ventre sont argentés. Une bande latérale noire assez nette s'étend de l'œil à la queue.

Eléments d'écobiologie

Pseudophoxinus callensis est endémique du Nord-est du Maghreb (Algérie - Tunisie) où il prolifère dans les eaux continentales sahariennes. C'est une espèce benthique qui a un régime alimentaire omnivore à tendance zoophage, alors que jeunes sont strictement benthophages. La fraie est printanière et se reproduit quand la température de l'eau dépasse 15°C; le taux de fécondité est très élevé chez cette espèce. Sa croissance est intimement liée aux conditions du milieu surtout la température. Les exemplaires sahariens sont plus grands que ceux du Tell (80 mm Lt).

4.2.4. *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), Mulet à grosse tête

Noms vernaculaires : FAO: **An** - Flathead grey mullet; **Es** - Pardete; **Fr** - Bar européen ; Mulet à grosse tête

Caractères distinctifs

Corps long, à section ovale et d'aspect robuste, couleur généralement gris argenté, bleuâtre ; tête large et aplatie avec lèvre supérieure mince ; deux nageoires dorsales ; tissu adipeux recouvrant la plus grande partie de la pupille; écaille pectorale axillaire bien développée, généralement plus de 30% de la longueur des pectorales (Figure 4.23); extrémité du maxillaire droite, non visible quand la bouche est fermée. Corps cylindrique et robuste. Tête large dont la largeur dépasse celle de la fente buccale; paupière adipeuse bien développée, couvrant la majeure partie de la pupille; lèvre supérieure mince, sans papilles, les dents labiales de la mâchoire supérieure sont petites, droites, denses, et en plusieurs rangées; la fente buccale se

termine au-dessous de la narine postérieure. Deux nageoires dorsales; la première contient 4 épines; la seconde 8-9 rayons mous. Le début de la première nageoire dorsale est plus près de la pointe du museau que de la base de la nageoire caudale; le début de la deuxième nageoire dorsale est à la verticale entre la moitié et le un quart le long de la base de la nageoire anale. La nageoire anale a 8 rayons mous. Les nageoires pectorales contiennent 16-19 rayons; la pectorale axillaire mesure environ le un tiers de la longueur de la nageoire. Deux cæcas pyloriques. 36-45 écailles des séries latérales. La couleur arrière est bleu/vert, celle des flancs et du ventre est pâle ou argentée; les écailles sur le dos et les flancs forment, habituellement, des raies longitudinales. On note la présence d'une tache sombre sur l'axillo-pectoral ;dos bleu verdâtre à gris plombé, flancs argentés, souvent avec 3 à 9 rayures longitudinales; nageoires hyalines ou sombres.

Eléments d'écobiologie

Le mullet à grosse tête est catadrome, est colonise les zones côtières et les milieux estuariens et dulcicoles. Les adultes sont euryhalins (0 - 75‰) contrairement aux juvéniles de taille inférieure à 7 cm ne peuvent tolérer de telles variations de salinité. Les adultes forment des bancs énormes près des surfaces sur les fonds sableux ou boueux et de la végétation dense et émigrent en groupes vers la mer ouverte pour le frai. Les larves se déplacent vers la côte dans les eaux extrêmement peu profondes qui procurent une protection contre les prédateurs ainsi qu'un environnement eutrophe. Après avoir atteint 5 cm de longueur, ces jeunes mullets se déplacent vers les eaux légèrement plus profondes. Le mullet à grosse tête est essentiellement planctonophages avec des habitudes alimentaires diurnes. Ils jouent un rôle de lien écologique important dans l'écoulement d'énergie au sein des communautés d'estuaires. Ils s'alimentent aussi par succion de la couche supérieure de sédiments. Ce sédiment qu'il ingurgite lui facilite l'activité digestive dans le gésier. Les mullets se nourrissent également sur les épiphytes et l'épifaune des phanérogames et ils ingèrent l'écume extérieure contenant des micro-algues se trouvant à l'interface air-eau. Les larves du mullet à grosse tête se nourrissent principalement sur des micro-crustacés. Des copépodes, des larves de moustiques, et des débris de plantes ont été trouvés dans le contenu stomacal des larves de moins de 35 mm de longueur. La quantité de sable et de détritits dans le contenu de l'estomac

augmente avec la longueur, indiquant qu'au fur et à mesure que le poisson grandit il ingère plus de nourriture provenant des substrats du fond.

Mugil cephalus est cosmopolite dans les eaux côtières de la plus part des zones tropicales et subtropicales. Dans l'Océan atlantique occidental, on le trouve à partir de la Nouvelle-Écosse, Canada en allant au sud jusqu'au Brésil, y compris le Golfe du Mexique. Il est absent en Bahamas et mer des Caraïbes. Dans l'Océan Atlantique oriental, le mullet rayé se trouve dans le Golfe de Gascogne (France) et jusqu'en Afrique du Sud, y compris la Méditerranée et la Mer Noire. La chaîne orientale de l'Océan Pacifique comprend la Californie du sud vers le sud jusqu'au Chili.

4.2.5. *Mugil auratus* (Risso, 1810), Mulet doré

Synonymes :

- *Liza aurata* Risso, 1810
- *Mugil breviceps* Valenciennes, 1836
- *Mugil cryptocheilos* Valenciennes, 1836
- *Mugil cryptochilus* Valenciennes, 1836
- *Mugil maderensis* Lowe, 1839
- *Mugil octoradiatus* Gunther, 1861

Noms vernaculaires : FAO: **An** - Golden grey mullet; **Es** - Galupe; **Fr** - Mulet doré ; tache jaune.

Caractères distinctifs

Appartenant à la famille des Mugilidae; tête couverte de grosses écailles qui s'arrêtent au niveau des narines ; lèvre supérieure mince ; tache dorée caractéristique située sur la partie haute et postérieure des opercules et tache jaune plus diffuse en arrière de l'œil ; absence de tache noire à la base des pectorales ; tissu adipeux entourant l'œil, sans recouvrir la pupille; écaille pectorale axillaire absente ou rudimentaire ; extrémité du maxillaire recourbée et visible quand la bouche est fermée ; écaillage de la tête se terminant au niveau des narines postérieures; bord postérieur du pré orbitaire pointu; corps large et ovale, comprimé latéralement ; taille maximum 50 cm de long et communément entre 30 et 40 cm ; dos sombre à gris argenté à bleuté avec 8 à 9 lignes longitudinales gris sombre à gris brun ; première nageoire dorsale située au milieu du corps et armée de 4 rayons épineux ; seconde

nageoire dorsale avec 1 rayon épineux et 7 à 8 rayons mous, pratiquement symétrique avec l'anale qui débute par 2 épines suivies de 7 à 8 rayons souples ; pectorales, relativement petites et placées en haut ; caudale large et échancrée avec écailles ; ligne latérale absente.

Eléments d'écobiologie

Cette espèce est pélagique et côtières et pénètre dans les lagunes et les estuaires, mais rarement en eau douce. Elle se reproduit en automne à l'âge de 3 à 4 ans (femelles) et 4-5 ans (mâles) en mer Noire. Elle est présente dans toute la Méditerranée et dans l'Atlantique, de l'Écosse au Natal (Afrique du Sud).

4.2.6. *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), Bar européen

Synonymes :

- *Morone labrax* (Linnaeus, 1758)

Noms vernaculaires : FAO: **An** - European seabass; **Es** - Lubina; **Fr** - Bar européen

Caractères distinctifs

Appartenant à la famille des Moronidae; espèce au corps élancé, argenté, avec 2 nageoires dorsales séparées et un pédoncule caudal assez haut ; opercule avec 2 épines plates; préopercule avec, sur son bord inférieur, de grandes épines dirigées vers l'avant; dents vomériennes en bande en forme de croissant ne se prolongeant pas sur la ligne médiane de la voûte buccale ; première nageoire dorsale à 8-10 épines, seconde dorsale avec 1 épine et 12 ou 13 rayons mous; anale à 3 épines et 10-12 rayons mous; caudale modérément fourchue ; écailles petites et cycloïdes sur l'espace inter orbitaire ; 62-80 (mode 70) sur la ligne latérale ; coloration gris argentée à bleuâtre sur le dos, argenté sur les flancs, ventre parfois teinté de jaune ; les jeunes peuvent porter quelques mouchetures noires, en particulier sur le haut du corps mais qui disparaissent chez les adultes. Une tache noire diffuse à l'angle supérieur de l'opercule.

Eléments d'écobiologie

Le bar ou loup est un poisson côtier, heuryhalin qui affectionne les petits fonds rocheux, notamment en période de reproduction (janvier à mars). Il pénètre les milieux estuariens et lagunaires et redescend en mer jusqu'à environ 100 m de profondeur. Il atteint sa maturité sexuelle au cours de la deuxième année chez le mâle (23-30 cm), et de la troisième année chez la femelle (31-40 cm). Ce prédateur est vorace et se nourrit de petits poissons pélagiques grégaires et d'invertébrés (crustacés, mollusques, insectes, etc.). L'aire totale de distribution de *D. labrax* s'étend, dans l'Atlantique Nord- Est, de la Norvège jusqu'aux côtes Sénégalaises. Il est présent en mer d'Irlande, mer du Nord et mer Baltique et il colonise toute la mer Méditerranée ainsi que la mer Noire. Cette espèce est d'un grand intérêt aquacole dans le bassin méditerranéen au même titre que la daurade *Sparus aurata*.

4.2.7. *Dicentrarchus punctatus* (Bloch, 1792), Bar moucheté

Synonymes :

- *Dicentrarchus orientalis* (Günther, 1863)
- *Labrax lupus subsp. punctatus* (Bloch, 1792)
- *Labrax orientalis* Günther, 1863
- *Labrax punctatus* (Bloch, 1792)
- *Labrax schoenleinii* Peters, 1865
- *Morone punctatus* (Bloch, 1792)

Noms vernaculaires : FAO: **An** - Spotted sea bass; **Es** - Baila; **Fr** - Bar moucheté.

Caractères distinctifs

Dicentrarchus punctatus se distingue de *D. labrax* par la présence de mouchetures bien apparentes sur les flancs, même chez l'adulte. Parfois celles-ci se retrouvent chez les jeunes de *D. labrax*. Une tache noire est visible sur le bord de l'opercule ; corps élancé, argenté, avec 2 nageoires dorsales séparées et un pédoncule caudal assez haut. Opercule avec 2 épines plates; pré opercule avec, sur son bord inférieur, de grandes épines dirigées vers l'avant; plage de dents vomériennes en forme d'ancre, les dents postérieures s'étendant sur la ligne médiane de la voûte buccale ; première nageoire dorsale à 8 ou 9 épines, seconde dorsale à une épine et 12-14 rayons mous; anale à 3 épines et 10-12 rayons mous; caudale modérément

fourchue. Écailles petites, cténoïdes sur l'espace inter orbitaire; 57-65 (mode 60) sur la ligne latérale ; coloration gris argentée, dos bleuâtre à l'état vivant: jeunes et adultes avec de petites mouchetures noires dispersées sur le dos et les flancs ; taille maximume 70 cm (et commun entre 20 à 40 cm).

Eléments d'écobiologie

Comme son congénère, cette espèce habite les eaux côtières et saumâtres sur fonds sableux, sablo-vaseux ou rocheux et remonte occasionnellement en eau douce. Il se reproduit aussi durant la même période que *D. labrax*. La première maturité sexuelle est atteinte vers 25 cm (3 ans). Sa croissance est relativement moins rapide (41 cm à 7 ans) que celle de *D. labrax*. Elle fait l'objet aussi d'une pisciculture prospère. Ce prédateur est vorace et se nourrit de poissons, mollusques et crustacés. Il est plus méridional que le bar européen, il vit au nord du golfe de Gascogne et dans toute la Méditerranée, le plus fréquemment le long des côtes du Sud, et sur la côte ouest de l'Afrique, du Maroc au Sénégal. Il est commun tout le long de la côte italienne, à l'exception, du nord de l'Adriatique.

4.2.8. *Anguilla anguilla* (Linnaeus 1758), Anguille d'Europe

Synonymes : *Anguilla callensis* (Guichenot, 1850)

Noms vernaculaires : FAO : **An** - European eel; **Es** - Anguila europea; **Fr** – Anguille d'Europe.

Caractères distinctifs

Corps allongé, serpentiforme, de section arrondie antérieurement et quelque peu comprimé postérieurement ; tête assez longue; bouche terminale et fendue jusqu'au niveau de la pupille; mâchoire inférieure plus longue que la mâchoire supérieure et saillante; dents minuscules, disposées en plusieurs séries sur les mâchoires et la voûte buccale (vomer); yeux ronds et petits, leur diamètre environ 1/8 à 1/12 de la longueur de la tête; narine antérieure tubulaire et proche de l'extrémité du museau, narine postérieure légèrement en avant du bord antérieur de l'œil; fente branchiale rudimentaire, latérale, s'ouvrant verticalement en avant de la base de la pectorale. Nageoires dorsale et anale confluentes avec la caudale; origine de la dorsale située loin en arrière de la pectorale mais en avant du niveau de l'anus; pectorales bien développées mais pas de nageoires pelviennes. D:245-275; A:205-

255; vertèbres: 110-119 ; ligne latérale bien distincte ; petites écailles elliptiques incluses dans la peau ; coloration variable avec le biotope et le stade de développement. Au stade de l'engraissement (anguille jaune), dos brun verdâtre plus ou moins sombre, ventre jaunâtre; pendant la migration de reproduction (anguille argentée), dos noir, ventre blanc ou grisâtre à reflets argentés ; taille maximale jusqu'à 150 cm mais commune de 20 à 80 cm (femelles) et de 30 à 40 cm (mâles).

Eléments d'écobiologie

L'anguille européenne est un migrateur catadrome (thalassotoque), présente dans les eaux marines côtières et saumâtres et en eau douce. La ponte a lieu dans la mer des Sargasses. Les larves transparentes (leptocéphales), transportées passivement à travers l'Atlantique, se métamorphosent en jeune civelles incolores sur le plateau continental et peuplent à partir de l'automne les milieux lagunaires et estuariens. Au cours de l'été suivant, après une période active de nutrition (engraissement), elles acquièrent leur pigmentation et remontent les cours d'eau (anguilles jaunes). Après 6 à 12 ans (mâles: taille: 30-40 cm) ou 9 à 20 ans (femelles: taille: 55-65 cm) de vie continentale et une nouvelle transformation (anguille argentée), elles regagnent la mer pour se reproduire en mer des Sargasses, au large des Bermudes, au-dessus de fonds de 6 000-7 000 m. Les anguilles ont une activité nocturne en quête de nourriture. Par contre, les leptocéphales sont planctonophages et les anguilles jaunes se nourrissent essentiellement d'invertébrés benthiques (larves d'insectes, crustacés) mais aussi de poissons, sauf en période d'hibernation où elles s'enfouissent dans les sédiments meubles (vase). Les anguilles argentées cessent de s'alimenter pendant la migration d'avalaison. L'anguille est largement répandue dans la zone tempérée de l'hémisphère Nord ; les limites géographiques de son aire de répartition en phase sub-adulte dépendent principalement de la dissémination des larves pré-leptocéphales et leptocéphales (stades océaniques) par les courants océaniques (principalement le courant nord équatorial : le Gulf Stream et sont définis comme suit :

- Au Nord : du Cap Nord à la côte de Mourmansk (72° - 80°N).
- Au Sud : Côte atlantique Est; de la Scandinavie aux côtes africaines du Maroc et des Iles Canaries (30°N).
- A l'Est : Ensemble de la Méditerranée et la Mer Noire (48° - 65°E).
- A l'Ouest : Islande, Madère et les Açores (20°W).

Dotée d'une grande valence écologique, l'anguille est caractérisée par la grande diversité des sites colonisés ; depuis les eaux froides de l'Islande et de la Scandinavie jusqu'aux eaux tempérées des côtes marocaines, colonisant aussi bien les eaux purement marines et les eaux saumâtres lagunaires et estuariennes que les eaux douces fluviales, et à des altitudes pouvant aller jusqu'à 1000 m (Deelder, 1985).

4.3. Indices écologiques

4.3.1. Fréquence d'occurrence des espèces capturées

Le tableau 9 présente la liste et les occurrences mensuelles par ordre décroissant des espèces capturées au cours de la période d'étude.

Tableau 9. Fréquences d'occurrences d'espèces capturées.

| Espèce | Station I | Station II | Station III | Moyenne F(%) | Statut |
|---------------------------------|-----------|------------|-------------|--------------|--------------|
| | F(%) | F(%) | F(%) | | |
| <i>Barbus callensis</i> | 100 | 100 | 100 | 100 | constante |
| <i>Mugil cephalus</i> | 00 | 00 | 27.78 | 9.26 | accidentelle |
| <i>Mugil auratus</i> | 00 | 00 | 25.69 | 8.56 | accidentelle |
| <i>Pseudophoxinus callensis</i> | 00 | 11.11 | 00 | 3.70 | accidentelle |
| <i>Dicentrarchus labrax</i> | 00 | 00 | 10.42 | 3.47 | accidentelle |
| <i>Dicentrarchus punctatus</i> | 00 | 00 | 5.56 | 1.85 | accidentelle |
| <i>Anguilla anguilla</i> | 00 | 00 | 3.47 | 1.16 | accidentelle |

On observe que la présence de l'espèce *B. callensis* est constante avec une fréquence d'occurrence ($F \geq 50 \%$), mais aucunement pour les espèces qualifiées d'accessoires contribuant à ($25 \% < F < 50 \%$). Pour ce qui est des espèces accidentelles où ($F \leq 25 \%$), nous comptons 6 espèces. Il s'agit en fait de : *Mugil cephalus*, *M. auratus*, *Pseudophoxinus callensis*, *Dicentrarchus labrax*, *D. punctatus* et *Anguilla anguilla*, mais il est important de souligner la très faible occurrence observée chez *Anguilla anguilla*.

4.3.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver H' (1963)

Le tableau 10 résume les valeurs des indices de diversité et d'équitabilité dans la zone d'étude.

Tableau 10. Indices de diversité et d'équitabilité dans la zone d'étude.

| Station | H' | J' |
|---------|------|------|
| I | 0 | 0 |
| II | 0,49 | 0,49 |
| II | 1,90 | 0,73 |

4.3.3. Indice de diversité de Simpson (1949)

Le tableau 11 résume les indices de Simpson dans les 3 stations échantillonnées.

Tableau 11. Indices de Simpson dans la zone d'étude.

| Station | I_{Sim} |
|---------|-----------|
| I | 0,869 |
| II | 0,806 |
| II | 0,303 |

4.3.4. Indice de diversité de Hill (1973)

Le tableau 12 résume les indices de Hill dans les trois stations d'étude.

Tableau 12. Indices de Simpson dans la zone d'étude.

| Station | H' | I_{Sim} | $1/I_{Sim}$ | $e^{H'}$ | $I_{Hill} = (1/I_{Sim})/e^{H'}$ |
|---------|-------|-----------|-------------|----------|---------------------------------|
| I | 0,00 | 0,869 | 1,151 | 1 | 1,151 |
| II | 0,494 | 0,806 | 1,241 | 1,639 | 0,757 |
| III | 1,907 | 0,303 | 3,300 | 6,733 | 0,490 |

Le tableau 13 synthétise la mise en relation des valeurs de ces indices à chaque station d'étude, permettant de caractériser les tendances générales des communautés, d'en étudier les variations et d'en déduire les causes sous-jacentes.

Tableau 13. Variabilité des indices de Shannon, de Simpson, de Hill, de la richesse spécifique et de l'équitabilité aux trois sites de prélèvement dans le bassin de la Seybouse.

| Stations | Abond. (N) | H' | I_{Sim} | I_{Hill} | Rich.sp | Equit. |
|----------|------------|-------|-----------|------------|---------|--------|
| I | 177 | 0,00 | 1 | 1,151 | 1 | 0,00 |
| II | 185 | 0,494 | 0,869 | 0,757 | 2 | 0,494 |
| III | 246 | 1,907 | 0,303 | 0,490 | 6 | 0,737 |

4.4. Analyses statistiques

4.4.1. Paramètres physico-chimiques

Le tableau 14 synthétise l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés durant la période d'échantillonnage.

Les températures moyennes annuelles enregistrées dans les trois stations (SI = 16,55°C; SII = 15,60°C; SIII = 18,13°C) ne présentent aucune différence significative ($p = 0,138$).

Le pH moyen évolue significativement de 7,98 (SI) à 8,86 dans le site III avec une valeur médiane de 8,17 dans la station II ($p = 0,001$).

La conductivité électrique moyenne est différente entre les trois stations ($p = 0,000$); elle est comprise entre 1151,31 $\mu\text{S/cm}$ (SII) et 1598,81 $\mu\text{S/cm}$ (SI). En revanche, on enregistre une valeur de 2623,38 $\mu\text{S/cm}$ dans la station III, proche de l'embouchure.

La salinité montre aussi des teneurs variables entre les trois stations ($p = 0,001$) avec des valeurs maximales en aval 1,26 mg/l (SIII). Par contre, les concentrations halines moyennes enregistrées dans les stations I et II sont de l'ordre de 0,47 mg/l et 0,32 mg/l, respectivement.

La teneur moyenne en oxygène dissous a tendance de baisser aussi d'une manière significative d'amont en aval avec des valeurs respectives de 5,34 mg/l aux sites I et II et de 4,80 mg/l au site III ($p = 0,001$).

Les teneurs moyennes en MES ne montrent aucune différence significative ($p = 0,053$) entre les stations étudiées (SI = 27,70 mg/l; SII = 27,54 mg/l; SIII = 26,96 mg/l), comme c'est le cas de la turbidité de l'eau de surface ($p = 0,251$) où les valeurs moyennes enregistrées sont respectivement de 60,30 NTU (SI), 128,99 NTU (SII) et 43,25 NTU (SIII).

La relation proportionnelle des résidus secs (RS) de ce paramètre avec la conductivité électrique (facteur multiplicatif entre 0,75 et 0,8) est possible, donc ce paramètre n'est pas nécessaire d'être retenu ici, tous comme le Eh, le K^+ et la M.O, en absence de seuils de classes de qualité.

Les moyennes enregistrées du carbonate de calcium (CaCO_3) dans les trois stations sont généralement inférieures à 200 mg/l. Elles augmentent progressivement de 165,78 mg/l (SII) à 192,75 mg/l (SIII) pour passer à une valeur maximale de 213,19 mg/l dans la station I ($p = 0,087$).

La dureté (TH) de l'eau varie significativement entre les trois stations ($p = 0,005$); les valeurs moyennes sont plus élevées dans la station I (70,60 °f) que dans les stations II (54,10 °f) et III (65,53 °f).

Les teneurs moyennes en chlorures varient significativement entre les trois stations ($p = 0,000$). La valeur la plus élevée est enregistrée dans la station III (960,40 mg/l) en aval du bassin, contre des valeurs relativement plus faibles dans les stations I (230,10 mg/l) et II (191,27 mg/l).

Les concentrations moyennes en nitrates fluctuent significativement entre 27,53 mg/l et 26,95 mg/l, respectivement pour les stations I et III à 36,79 mg/l dans la station II ($p = 0,805$), comme celles des nitrites (SI = 0,90 mg/l; SII = 0,94 mg/l; SIII = 3,51 mg/l) ($p = 0,000$), des ortho-phosphates (SI = 10,86 mg/l; SII = 17,58 mg/l; SIII = 26,42 mg/l) ($p = 0,000$), d'ammonium (SI = 3,46 mg/l, SII = 1,32 mg/l et SIII = 3,23 mg/l) ($p = 0,000$), des sulfates (SI = 77,31mg/l; SII = 94,63 mg/l; SIII = 309,93mg/l) ($p = 0,000$), du calcium (SI = 135,45 mg/l; SII = 72,23 mg/l SIII = 111,55 mg/l) ($p = 0,001$) et du magnésium (SI = 81,78 mg/l; SII = 61,86 mg/l; SIII = 86,22 mg/l) ($p = 0,026$).

Tableau 14. Valeurs moyennes annuelles des analyses physico-chimiques relevées dans les trois stations prospectées durant la période d'échantillonnage. (*): Valeurs dépassant le seuil critique.

| Paramètres | Unité | Symb. | S I | S II | S III | Normes |
|---------------------|-------|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------|
| Température | °C | T° | 16,55±1,10 | 15,60±1,03 | 18,93±1,26 | 20 à 25 |
| pH | pH | pH | 7,98±0,07 | 8,17±0,09 | 8,86±0,72 | 6,5 à 9,5 |
| Cond. électrique | µS/cm | EC | 1598,81±280,51 | 1151,31±60,30 | 2623,38±1303,32 | 180 à 3500 |
| Salinité | g/l | SAL | 0,47±0,19 | 0,32±0,04 | 1,26±0,74* | 1,00 |
| Potentiel redox | mV | Eh | -108,13±23,16 | -95,06±9,89 | -103,25±37,56 | - |
| Oxygène dissous | mg/l | OD | 5,34±0,61 | 5,34±0,09 | 4,80±0,36 | 8 à 4 |
| Mat. en suspension | mg/l | MES | 27,70±0,96 | 27,54±0,40 | 26,96±1,21 | 2 à 38 |
| Turbidité | NTU | Turb, | 60,30±25,14 | 128,99±142,88* | 43,25±32,51 | 1 à 70 |
| Résidu Sec | mg/l | RS | 716,41±158,49 | 797,45±260,98 | 1998,36±936,52 | - |
| Nitrates | mg/l | NO ₃ ⁻ | 27,53±0,66* | 36,79±1,70* | 26,95±0,86* | 2 à 25 |
| Nitrites | mg/l | NO ₂ ⁻ | 0,90±0,07* | 0,94±0,07* | 3,51±3,31* | 0,03 à 0,5 |
| Sulfates | mg/l | SO ₄ ⁻ | 77,31±2,15 | 94,63±1,70 | 309,93±89,23* | 60 à 190 |
| Ammonium | mg/l | NH ₄ ⁺ | 3,46±0,19* | 1,32±0,09 | 3,23±0,22* | 0,1 à 2 |
| Calcium | mg/l | Ca ²⁺ | 135,45±1,62 | 72,23±0,87 | 111,55±6,68 | 32 à 300 |
| Magnésium | mg/l | Mg ²⁺ | 81,78±2,22 | 61,86±0,59 | 86,22±15,82 | 50 à 100 |
| Titre hydrométrique | °f | TH | 70,60±0,47* | 54,10±1,00* | 65,53±2,45* | 4 à 8 |
| Chlorures | mg/l | Cl ⁻ | 230,10±37,06* | 191,27±9,07* | 960,40±412,34* | 50 à 150 |
| Potassium | mg/l | K ⁺ | 35,38±1,25 | 53,13±0,78 | 71,56±17,26 | - |
| Ortho phosphates | mg/l | PO ₄ ³⁻ | 10,86±15,26* | 17,58±29,12* | 26,42±43,58* | 0,1 à 1 |
| Carb.de calcium | mg/l | CaCO ₃ | 213,19±5,52* | 165,78±3,34 | 192,75±4,31 | < 200 |
| Matière organique | mg/l | M.O | 3,52±0,08 | 3,30±0,05 | 6,65±0,41 | - |

4.4.2. Paramètres biométriques

L'analyse biométrique a concerné uniquement la population du barbeau *B. callensis* qui est la mieux représentée numériquement et présente sur la totalité des réseaux hydrographiques de l'aire d'étude en termes d'abondance et de représentativité spatiale.

Au total 443 spécimens ont été capturés, le tableau 15 résume les caractéristiques métriques et pondérales limites et moyennes de *B. callensis* échantillonné dans les trois stations du bassin de la Seybouse. Cet échantillon est réparti selon un gradient métrique et pondérale de la manière suivante: station I: 177 individus ($387 < Lt < 453\text{mm}$; $578 < W\acute{e} < 978\text{g}$), station II: 165 individus ($307 < Lt < 434\text{mm}$; $296 < W\acute{e} < 395\text{g}$) et station III: 101 individus ($176 < Lt < 188\text{mm}$; $57 < W\acute{e} < 73\text{g}$).

Tableau 15. Caractéristiques métriques (mm) et pondérales (g), valeurs limites (VI) et moyennes ($M \pm Et$) relevées sur *Barbus callensis* du bassin de la Seybouse pendant la période d'échantillonnage (2011-2014)

| Paramètres | | SI (N = 177) | SII (N = 165) | SIII (N = 101) |
|-------------------------------|------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Longueur totale (Lt) | VI | 387,83 - 453,40 | 307,93 - 334,79 | 176,80 - 188,95 |
| | $M \pm Et$ | (412,59 \pm 28,34) | (319,22 \pm 11,50) | (183,79 \pm 05,08) |
| Longueur à la fourche (Lf) | VI | 352,32 - 412,02 | 276,46 - 298,33 | 157,97 - 168,26 |
| | $M \pm Et$ | (374,67 \pm 25,86) | (285,62 \pm 09,79) | (163,43 \pm 04,24) |
| Longueur standard (Ls) | VI | 325,94 - 391,51 | 254,99 - 275,00 | 145,26 - 154,06 |
| | $M \pm Et$ | (349,35 \pm 28,94) | (263,64 \pm 8,64) | (150,11 \pm 03,64) |
| Poids total (Wt) | VI | 632,79 - 1140,77 | 348,18 - 444,31 | 066,41 - 084,04 |
| | $M \pm Et$ | (815,33 \pm 224,05) | (389,53 \pm 40,02) | (074,10 \pm 07,40) |
| Poids éviscéré (Wé) | VI | 578,60 - 978,12 | 296,15 - 395,05 | 057,33 - 073,15 |
| | $M \pm Et$ | (725,53 \pm 174,80) | (334,19 \pm 42,52) | (064,09 \pm 06,61) |

4.4.2.1. Box plot

Si nous considérons l'ensemble des captures de *B. callensis* en examinant séparément la répartition des tailles (Lt mm) obtenus dans chaque site d'échantillonnage, nous notons que pour la station I, la médiane des tailles est de 401,43 mm. Pour la station II, la médiane est de 316,66 mm. Enfin la médiane est de 181 mm pour la station III (Fig. 37a). Dans un ordre croissant, l'étendue des tailles de *B. callensis* au site III est la plus restreinte (63,92 mm), puis celle de la station II (115,85 mm), et enfin celle de la station I est la plus grande (137,45 mm). La répartition en tailles suit un gradient amont - aval nettement décroissant et présente des différences très significatives en comparant les mesures biométriques entre les

sites. La probabilité critique a été fixée a 5% (Kruskal-Wallis (KW, Test ; p value < 0.05). Le tableau 17 et les figures (37 et 38) illustrent les résultats obtenus par site.

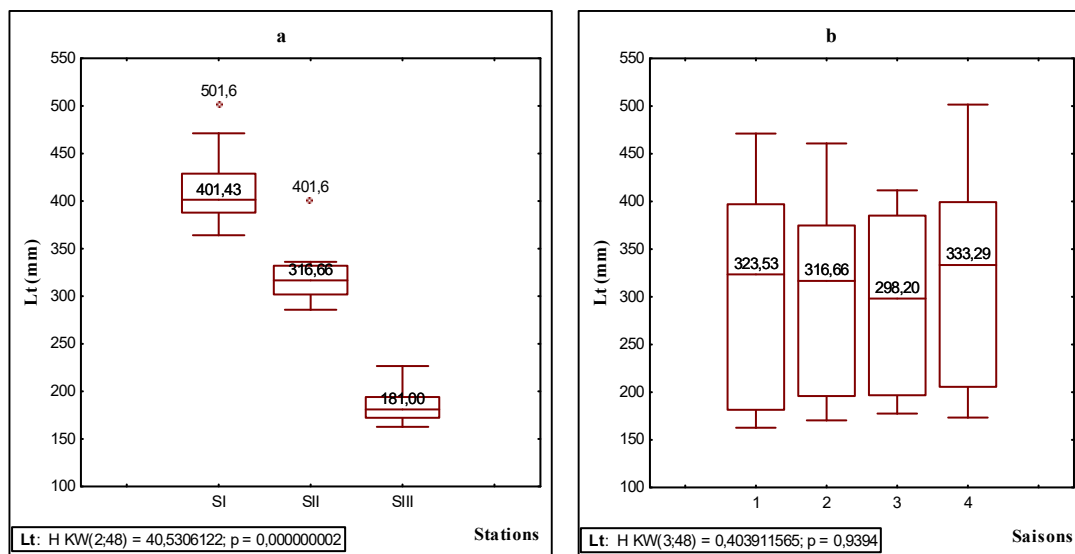


Figure 37. Représentation en Box plot des longueurs totales de *B. callensis* pour les 3 stations (a) et en fonction des saisons (b).

Quant aux variations temporelles des tailles (Lt) en fonction des saisons, les résultats des analyses ne montrent aucune différence statistique significative entre les sujets analysés en raison des médianes qui sont assez proches comme en témoigne la place de la médiane au milieu des boîtes pour chaque saison (fig. 37b).

Comme nous l'avons précisé précédemment, l'étude comparative des distributions spatiotemporelles sur la variable poids total (Wt), n'est possible qu'avec l'espèce *B. callensis*, pour laquelle 443 poissons ont été capturés, sa distribution est la plus robuste et bien répartis sur les différents sites. La station III présente la valeur médiane la plus faible (68,03) puis la station II avec une valeur médiane de (381,87), la valeur médiane observée à la station I est la plus élevée (712,09). Il est à noter que le poids (Wt) des sujets capturés évolue de manières très différentes d'un site à l'autre, l'étendue des poids de *B. callensis* enregistrée au site III est la plus réduite (94,7 g), les individus capturés au site II arboraient une valeur de (400,6 g). De manière intuitive, les individus fréquentant le site I gagnent davantage de masse que les individus des autres régions et affichent une étendue pondérale la plus considérable (915,42 g) à l'échelle du bassin.

Le test de Kruskal et Wallis effectué sur ces données, indiquent nettement des différences significatives de corpulence entre les sites à l'échelle du bassin ((KW Test, p -value = 0,000000001) et permet de mettre en évidence un gradient pondérale

décroissant amont – aval sur les trois stations. Cette tendance observée sur la distribution pondérale conforte avec celle enregistrée sur la distribution des tailles. Cette différence se constate d'ailleurs graphiquement (Fig. 38a).

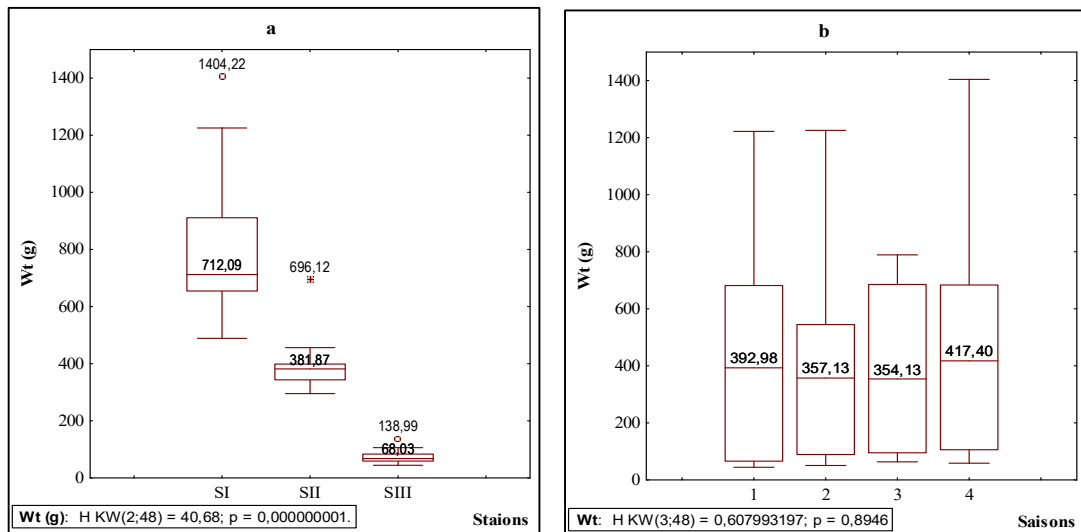


Figure 38. Représentation en Box plot des poids totaux de *B. callensis* pour les 3 stations (a) et en fonction des saisons (b).

Les résultats de l'analyse de la répartition pondérale saisonnière (Wt) ne présentant aucune différence significative (p -value $> 0,05$), les 4 échantillons présentent des médianes assez proches mais une étendue plus petite pour les échantillons d'automne (Fig. 38b).

4.4.3. Comparaison statistique des caractéristiques biotiques et abiotiques

Les résultats de l'analyse de variance (ANOVA), en utilisant le test de comparaison multiple HSD de Tukey des moyennes métriques, pondérales et physico-chimiques des trois domaines physiographiques pris deux à deux, sont consignés dans le tableau 16. L'analyse des données enregistrées montrent que dans les trois stations étudiées comparés deux à deux ($p < 0,05$), la différence des moyennes n'est pas significative pour les paramètres T° , Eh, MES, Turb, NO_3^- et CaCO_3 mais significative pour les paramètres pH, EC, SAL, OD, RS, NO_2^- , SO_4^- , NH_4^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ , TH, Cl^- , K^+ , PO_4^{3-} et M.O. Il en est de même pour les descripteurs morphométriques où la comparaison des moyennes et des variances des caractères biométriques à l'aide du test de Tukey, prises deux à deux sur les échantillons des trois sites, montre une hétérogénéité des trois fractions de populations de *B. callensis*.

Tableau 16. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA), test de comparaison multiple HSD de Tukey des moyennes métriques et physico-chimiques pris deux à deux, relevées dans les trois stations prospectées durant la période d'échantillonnage (2011- 2014).

| Paramètres | S I | S II | S III | DL | F | P | Groupement | | |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|----|--------|-------|------------|------|-------|
| | | | | | | | S I | S II | S III |
| Lt | 412,59±15,06 | 319,22±18,07 | 184,77±6,66 | 2 | 263,34 | 0,000 | A | B | AB |
| Lf | 374,67±9,21 | 285,62±17,94 | 163,74±5,58 | 2 | 307,37 | 0,000 | A | B | AB |
| Ls | 349,35±12,23 | 263,64±17,38 | 150,40±5,66 | 2 | 247,07 | 0,000 | A | B | AB |
| Wt | 815,3 ±90,4 | 389,5±53,9 | 74,37±11,71 | 2 | 147,97 | 0,000 | A | B | AB |
| Wé | 725,5±65,6 | 334,2±57,5 | 64,30±8,94 | 2 | 172,33 | 0,000 | A | B | AB |
| T ° | 16,96±3,60 | 17,09±4,27 | 20,39±5,77 | 2 | 2,10 | 0,138 | A | A | A |
| pH | 8,08±0,21 | 8,09±0,14 | 8,53±0,44 | 2 | 9,18 | 0,001 | B | B | A |
| EC | 1531±464 | 1177±231,5 | 2644±900 | 2 | 19,56 | 0,000 | B | B | A |
| SAL | 0,49±0,11 | 0,33±0,12 | 1,29±0,47 | 2 | 38,47 | 0,001 | B | B | A |
| Eh | -94,21±31,25 | -99,44±21,36 | -90,29±28,74 | 2 | 0,34 | 0,717 | A | A | A |
| OD | 5,42±0,29 | 5,53±0,39 | 4,95±0,42 | 2 | 8,30 | 0,001 | A | A | B |
| MES | 30,07±12,05 | 32,18±13,73 | 19,92±12,21 | 2 | 3,21 | 0,053 | A | A | A |
| Turb | 50,1±46,2 | 72,4±90,5 | 30,24±27,30 | 2 | 1,44 | 0,251 | A | A | A |
| RS | 786±240,7 | 1033±491,00 | 1734±731,00 | 2 | 10,43 | 0,000 | B | B | A |
| CaCO ₃ | 221,8±49,8 | 186,3±60,9 | 174,1±46,9 | 2 | 2,64 | 0,087 | A | A | A |
| TH | 64,86±19,46 | 49,55±12,02 | 70,25±12,08 | 2 | 6,20 | 0,005 | A | B | A |
| Cl ⁻ | 217,2±100,7 | 194,8±48,0 | 1018,00±845 | 2 | 10,88 | 0,000 | B | B | A |
| M.O | 3,54±1,53 | 3,07±1,62 | 6,30±1,56 | 2 | 14,78 | 0,000 | B | B | A |
| NO ₃ ⁻ | 29,27±6,92 | 30,18±19,41 | 33,52±19,96 | 2 | 0,22 | 0,805 | A | A | A |
| NO ₂ ⁻ | 0,75±0,45 | 0,87±0,55 | 13,20±9,08 | 2 | 22,20 | 0,000 | B | B | A |
| PO ₄ ³⁻ | 12,89±3,72 | 16,31±4,70 | 32,82±15,43 | 2 | 14,92 | 0,000 | B | B | A |
| NH ₄ ⁺ | 3,54±1,82 | 0,73±0,74 | 2,93±1,38 | 2 | 13,73 | 0,000 | A | B | A |
| SO ₄ ⁻ | 107,8±44,9 | 121,6±47,5 | 276,2±141,8 | 2 | 12,92 | 0,000 | B | B | A |
| Ca ²⁺ | 143,32±31,72 | 97,08±27,57 | 116,60±20,55 | 2 | 8,86 | 0,001 | A | B | AB |
| Mg ²⁺ | 70,50±19,43 | 52,86±19,13 | 79,02±28,80 | 2 | 4,07 | 0,026 | AB | B | A |
| K ⁺ | 41,69±12,58 | 45,21±21,16 | 70,17±13,87 | 2 | 10,87 | 0,000 | B | B | A |

N.B: Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

4.4.4. Analyse en composantes principales (ACP) entre les paramètres physicochimiques et biométriques

La projection des variables et des individus montre que Les 2 premiers axes factoriels contribuent respectivement avec 69,46% et 30,51% d'inertie, soit un pourcentage cumulé de 99,97%. Ce résultat peut être considéré comme satisfaisant, étant donné le nombre relativement élevé de variables traitées (Tab. 17).

Sur l'axe F1 bipolaire, extrayant plus que 69,46% de la variance totale, se projette un maximum de variables. A son pôle positif (Fig. 39), défini par les paramètres physico-chimiques, se situe la teneur en OD (CTR= 0,99) et les MES (CTR= 0,93). Il en est de même pour les paramètres morphométriques, Lt (CTR= 0,87), Wt (CTR= 0,87), Lf (CTR= 0,86), Ls (CTR= 0,86) et Wé (CTR= 0,86) de *B. callensis* et enfin la turb. (CTR= 0,58). Du côté négatif de la même figure, se projettent la majorité des variables, à savoir la teneur des eaux en matière organique M.O (CTR=0,99), en NO_2^- (CTR= 0,99), en Cl^- (CTR = 0,99), en SAL (CTR = 0,98), en RS (CTR = 0,97), en SO_4^- (CTR = 0,96), le pH des eaux (CTR = 0,93), la T° (CTR=0,93), la EC (CTR=0,87), la teneur des eaux en PO_4^{3-} (CTR=0,66) et en K^+ (CTR = 0,62). La station ayant le plus contribué à l'inertie de l'axe 1, coté négatif est Sidi salem (SIII), à hauteur de 66,50 %.

L'axe F2 qui ne représente que 30,51% de la variance, à son pôle positif se projettent la teneur des eaux en CaCO_3 (CTR=0,97), en Eh (CTR=0,95), en Ca^{2+} (CTR=0,93), en TH (CTR=0,91), la teneur des eaux en NH_4^+ (CTR= 0,77) et en Mg^{2+} (CTR=0,56). La station ayant le plus contribué à l'inertie de l'axe F2, coté positif est Moulin rochefort (SI), à hauteur de 52,76 %. A son pôle négatif se projettent le NO_3^- (CTR=0,64). La station ayant le plus contribué à l'inertie de l'axe 2, coté négatif est Taya (SII), à hauteur de 47,06%.

Tableau 17. Discrimination des groupes de variables en fonction de leurs coordonnées (COOR) et de leurs contributions relatives (CTR) sur les 2 premières composantes principales et de leur proximité années (2011-2014)

| Variables | Axe F ₁ 69,46 | | Axe F ₂ 30,51 | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| | COOR F ₁ | CTR F ₁ | COOR F ₂ | CTR F ₂ |
| Lt | 0,93 | 0,87 | 0,35 | 0,12 |
| Lf | 0,92 | 0,86 | 0,36 | 0,13 |
| Ls | 0,92 | 0,86 | 0,37 | 0,13 |
| Wt | 0,93 | 0,87 | 0,34 | 0,12 |
| Wé | 0,93 | 0,86 | 0,36 | 0,13 |
| T° | -0,96 | 0,93 | 0,24 | 0,06 |
| pH | -0,96 | 0,93 | -0,26 | 0,06 |
| EC | -0,93 | 0,87 | 0,34 | 0,12 |
| SAL, | -0,99 | 0,98 | 0,14 | 0,01 |
| Eh | -0,20 | 0,04 | 0,97 | 0,95 |
| OD | 0,99 | 0,99 | 0,04 | 0,00 |
| MES | 0,96 | 0,93 | 0,25 | 0,06 |
| Turb | 0,76 | 0,58 | -0,64 | 0,41 |
| RS | -0,98 | 0,97 | -0,14 | 0,02 |
| NO ₃ ⁻ | 0,59 | 0,35 | -0,80 | 0,64 |
| NO ₂ ⁻ | -0,99 | 0,99 | -0,07 | 0,00 |
| SO ₄ ⁻ | -0,98 | 0,96 | -0,18 | 0,03 |
| NH ₄ ⁺ | -0,47 | 0,23 | 0,87 | 0,77 |
| Ca ²⁺ | -0,26 | 0,06 | 0,96 | 0,93 |
| Mg ²⁺ | -0,66 | 0,43 | 0,75 | 0,56 |
| TH | -0,29 | 0,08 | 0,95 | 0,91 |
| Cl ⁻ | -0,99 | 0,99 | 0,05 | 0,00 |
| K ⁺ | -0,78 | 0,62 | -0,61 | 0,37 |
| PO ₄ ³⁻ | -0,81 | 0,66 | -0,57 | 0,33 |
| CaCO ₃ | -0,16 | 0,02 | 0,98 | 0,97 |
| M.O | -0,99 | 0,99 | 0,02 | 0,00 |

4.4.5. Relation entre les deux premières composantes principales et les variables

Les deux axes pris en considération pour décrire les corrélations entre les variables liées aux structures spatiales, détiennent à eux seuls 99,97% de l'information totale avec respectivement 69,46% pour l'axe F1 et 30,51% pour l'axe F2. Dans le plan formé par les composantes principales 1 et 2 (Fig. 39), les variables les plus corrélées à la CP 1 sont OD, MES, Lt, Wt, Lf, Ls, Wé, M.O, NO₂⁻, Cl⁻, SAL, RS, SO₄⁻, pH, T°, EC, PO₄³⁻ et K⁺. Parmi ces variables, celles qui contribuent le plus

à former la CP1 qui explique 69,46% de la variance nous distinguons 2 groupes différents: le premier regroupe OD, MES, Lt, Wt, Lf, Ls et Wé, qui sont fortement corrélées entre elles et positivement à la F1, puisqu'elles définissent des vecteurs propres de même direction. Le second groupe qui rassemble les éléments M.O, NO_2^- , Cl^- , SAL, RS, SO_4^{2-} , pH, T° , EC, PO_4^{3-} et K^+ , sont corrélées négativement à la CP1. Les corrélations entre ces variables sont d'autant plus fortes lorsque les variables sont positionnées aux extrémités de l'axe défini par la CP1. Sur l'axe défini par la CP2 qui ne représente que 30,51% de la variance, les variables les plus corrélées à cette composante principale sont CaCO_3 , Eh, Ca^{2+} , TH, NH_4^+ et Mg^{2+} . La corrélation d'autres variables (NO_3^- et Turb) étant éloigné des extrémités de l'axe défini par la CP1 et la CP2 respectivement, n'est certainement pas très forte. Ces variables sont probablement mieux expliquées par d'autres composantes principales, autres que la CP1 et CP 2.

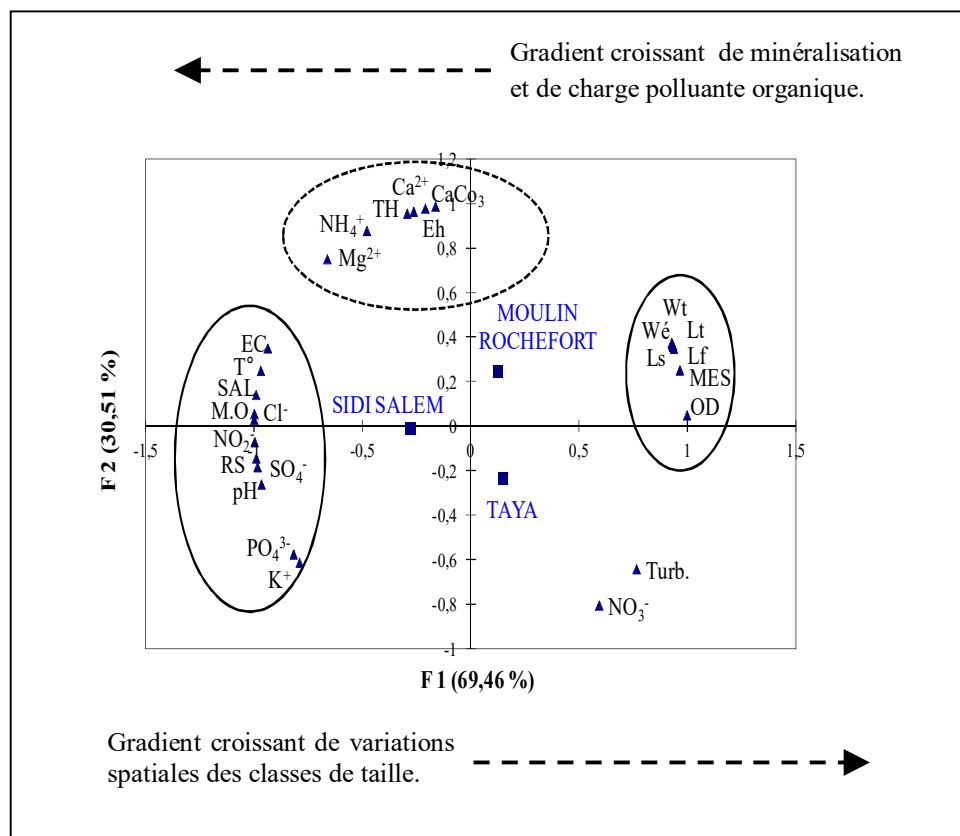


Figure 39. Projection des variables et des observations (stations de prélèvement) considérées au bassin de la Seybouse au cours des années d'échantillonnage (2011-2014) sur les axes F1 (en traits continus) et F2 (en traits discontinus).

4.4.6. Matrice de corrélation

L'examen de la matrice de corrélation entre variables prises deux à deux (Tab. 18) révèle la présence d'un premier ensemble de variables, constitué de descripteurs morphométriques fortement corrélés les uns aux autres (Lt/Lf, Lt/Ls, Lt/Wt, Lt/Wé, Lf/Ls, Lf/Wt, Lf/Wé, Ls/Wt, Ls/Wé et Wt/Wé), corrélations linéaires positivement significatives puisqu'elles définissent des vecteurs propres de même direction ($r > 0,99$; $p < 0,05$). On remarque aussi que les différents paramètres physico-chimiques se corrélaient entre eux positivement (Eh/Ca²⁺, Eh/CaCO₃, RS/NO₂⁻, RS/SO₄⁻, Ca²⁺/TH, Cl/MO, K⁺/PO₄³⁻), d'une façon très significative ($r > 0,99$; $p < 0,05$). Par ailleurs, le groupe des paramètres physico-chimiques (pH/MES, OD/NO₂⁻, OD/MO, MES/SO₄⁻), se corrélaient les uns aux autres négativement d'une façon très significative ($r > 0,99$; $p < 0,05$).

Tableau 18. Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre les variables étudiées.

| | Lt | Lf | Ls | Wt | Wé | T° | pH | EC | SAL | Eh | OD | MES | Turb | RS | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ | SO ₄ ⁻ | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | TH | Cl | K ⁺ | PO ₄ ³⁻ | CaCO ₃ | M.O | |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|---------------|-------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-------|--------------|----------------|-------------------------------|-------------------|------|--|
| Lt | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lf | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ls | 0,99* | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wt | 0,99* | 0,99* | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wé | 0,99* | 0,99* | 0,99* | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T° | -0,81 | 0,80 | 0,80 | -0,82 | -0,81 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | -0,99 | -0,99 | -0,99 | -0,99 | -0,99 | 0,86 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EC | -0,74 | -0,74 | -0,73 | -0,75 | -0,74 | 0,99 | 0,81 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAL | -0,87 | -0,86 | -0,86 | -0,87 | -0,87 | 0,99 | 0,91 | 0,97 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eh | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,14 | 0,15 | 0,44 | -0,05 | 0,53 | 0,34 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OD | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,94 | -0,95 | -0,97 | -0,91 | -0,98 | -0,16 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MES | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | -0,87 | -0,99* | -0,81 | -0,91 | 0,04 | 0,97 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Turb | 0,48 | 0,47 | 0,46 | 0,49 | 0,48 | 0,90 | -0,57 | -0,94 | -0,84 | -0,78 | 0,73 | 0,57 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| RS | -0,97 | -0,97 | -0,97 | -0,97 | -0,97 | 0,92 | 0,99 | 0,87 | 0,95 | 0,06 | -0,99 | -0,99 | -0,66 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁻ | 0,26 | 0,25 | 0,24 | 0,27 | 0,26 | -0,77 | -0,36 | -0,83 | -0,69 | -0,91 | 0,55 | 0,37 | 0,97 | -0,47 | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| NO ₂ ⁻ | -0,95 | -0,95 | -0,95 | -0,95 | -0,95 | 0,94 | 0,98 | 0,90 | 0,97 | 0,14 | -0,99* | -0,97 | -0,71 | 0,99* | -0,53 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ ⁻ | -0,98 | -0,98 | -0,98 | -0,98 | -0,98 | 0,90 | 0,99 | 0,85 | 0,94 | 0,02 | -0,99 | -0,99* | -0,63 | 0,99* | -0,43 | 0,99 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | -0,13 | -0,12 | -0,11 | -0,14 | -0,13 | 0,68 | 0,23 | 0,75 | 0,59 | 0,95 | -0,43 | -0,24 | -0,93 | 0,34 | -0,99 | 0,41 | 0,31 | 1,00 | | | | | | | | | |
| Ca ²⁺ | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,10 | 0,49 | 0,00 | 0,58 | 0,39 | 0,99* | -0,21 | -0,01 | -0,82 | 0,12 | -0,93 | 0,19 | 0,08 | 0,97 | 1,00 | | | | | | | | |
| Mg ²⁺ | -0,34 | -0,33 | -0,33 | -0,35 | -0,34 | 0,82 | 0,44 | 0,88 | 0,75 | 0,87 | -0,62 | -0,44 | -0,98 | 0,54 | -0,99 | 0,60 | 0,51 | 0,97 | 0,89 | 1,00 | | | | | | | |
| TH | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,07 | 0,52 | 0,03 | 0,60 | 0,42 | 0,99 | -0,24 | -0,04 | -0,83 | 0,15 | -0,94 | 0,22 | 0,11 | 0,97 | 0,99* | 0,91 | 1,00 | | | | | | |
| Cl | -0,91 | 0,90 | 0,90 | -0,91 | -0,91 | 0,98 | 0,94 | 0,95 | 0,99 | 0,26 | -0,99 | -0,94 | 0,80 | 0,98 | -0,63 | 0,99 | 0,97 | 0,52 | 0,31 | 0,70 | 0,34 | 1,00 | | | | | |
| K ⁺ | -0,95 | -0,96 | -0,96 | -0,95 | -0,95 | 0,61 | 0,92 | 0,52 | 0,69 | -0,43 | -0,81 | -0,91 | -0,21 | 0,87 | 0,02 | 0,83 | 0,88 | -0,15 | -0,38 | 0,06 | -0,35 | 0,75 | 1,00 | | | | |
| PO ₄ ³⁻ | -0,96 | -0,97 | -0,97 | -0,96 | -0,97 | 0,64 | 0,93 | 0,56 | 0,72 | -0,39 | -0,84 | -0,93 | -0,25 | 0,89 | -0,01 | 0,85 | 0,90 | -0,11 | -0,34 | 0,10 | -0,31 | 0,78 | 0,99* | 1,00 | | | |
| CaCO ₃ | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,19 | 0,20 | 0,40 | -0,10 | 0,49 | 0,29 | 0,99* | -0,11 | 0,08 | -0,75 | 0,01 | -0,89 | 0,09 | -0,02 | 0,94 | 0,99 | 0,84 | 0,99 | 0,21 | -0,47 | -0,43 | 1,00 | | |
| MO | -0,92 | -0,91 | -0,91 | -0,92 | -0,92 | 0,97 | 0,95 | 0,94 | 0,99 | 0,23 | -0,99* | -0,95 | -0,78 | 0,98 | -0,61 | 0,99 | 0,97 | 0,50 | 0,29 | 0,68 | 0,32 | 0,99* | 0,77 | 0,80 | 0,19 | 1,00 | |

Les valeurs en (*) sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification $p < 0,05$.



CHAPITRE 5

DISCUSSION

5.1. Caractéristiques environnementales

Les valeurs moyennes des températures de l'eau présentent un gradient croissant de d'amont en aval, avec un léger écart enregistré entre les stations I et II. Ces écarts enregistrés peuvent être attribués au décalage horaire journalier entre les différents points de prélèvement. En effet, le site II est relativement ombragé et préservé dans un contexte forestier. Les fluctuations de la température d'un cours d'eau restent liées d'une part aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie, la durée de l'ensoleillement, le débit et la profondeur (Mc Neely *et al.*, 1980). Certainement, la température de l'eau constitue un facteur écologique qui génère d'importantes répercussions écologiques (Leynaud, 1968). Les valeurs de ce paramètre sont influencées par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduares chaudes. Dans les cours d'eau à forte charge de pollution organique et d'eutrophisation, un réchauffement additionnel risque de créer un déficit en oxygène dissous et d'accentuer la toxicité de certaines substances, comme l'ammoniaque. Il pourrait en résulter une diminution ou une élimination des espèces les plus oxyphiles et les plus polluosensibles. Toutefois, le caractère lent et progressif d'un réchauffement du climat est propice à l'expression de processus d'adaptation (microévolution) des espèces par le jeu de la sélection naturelle en faveur d'individus puis de souches génétiques plus thermophiles, phénomène déjà observé en aval d'un rejet thermique (Nyman, 1975), voire moins exigeantes en oxygène dissous et plus tolérantes à l'ammoniaque. Des changements brusques de température de plus de 3°C s'avèrent souvent néfastes. Les moyennes annuelles des températures obtenues sur la chronique de donnée (c.f. Tab. 15) sont conformes à la valeur guide pour les eaux de surface qui prévoient une valeur maximale de 25 °C et indiquent que les eaux les plus fraîches se retrouvent en tête de bassin au niveau des stations I et II. Les fluctuations thermiques de l'eau observées sur la région d'étude sont conformes à des eaux de types cyprinicoles. On distingue deux cycles de températures :

- une période froide d'octobre en fin mai de longue durée qui détermine un gonflement du lit des cours d'eau ;
- et, une période chaude de juin à septembre de courte durée, où les cours d'eau deviennent partiellement asséchés.

Les valeurs observées du pH présentent des eaux relativement alcalines tout le long de la zone d'étude, aussi bien en période de pluie qu'en période sèche. En effet, l'alcalinité augmente d'amont en aval. Il varie entre 8,04 en saison humide et 7,92 en saison sèche dans la station I puis entre 8,95 (saison humide) et 8,78 (saison sèche) dans la station III, avec des moyennes annuelles de l'ordre de 7,98 unités pH (SI) et 8,86 (SIII) sur l'ensemble des deux périodes de prélèvement. Cependant, le pH est caractéristique des eaux en région calcaire, il varie suivant les points d'échantillonnage et suivant la saison traduisant l'influence des différentes sources de pollution sur les différents points. Le pH des échantillons obtenus sur l'ensemble des deux périodes de prélèvement sont en majorité tous inférieurs à la valeur recommandée et classe les eaux de la Seybouse de bonne qualité.

Les eaux analysées ont généralement une forte conductivité, qui augmente d'amont en aval, mais qui peut être notablement influencée par celles des affluents latéraux en été. Les valeurs fluctuent entre 2175,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en période humide et 3070,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en période sèche dans les eaux de surface au point III, un pic d'une valeur moyenne maximale de 4573,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point III au cours de l'année 2012 traduisant une forte minéralisation en ce point situé en aval du bassin, tronçon à débit résiduel excessivement fort. Ce pic observé justifie l'influence des activités anthropiques sans cesse croissantes et la démographie sur la variation de la conductivité. Malgré quelques dépassements, les valeurs moyennes des données se situent toujours en deçà du critère de 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs de la conductivité électrique restent dans la classe des masses d'eau en très bon état soit une bonne minéralisation des eaux de la Seybouse. Les données de conductivité permettent de donner une indication du changement de composition des eaux et de la concentration en minéraux MDDEP (2011). Dans la station avale (SIII) de l'estuaire, l'augmentation de la conductivité (2623,38 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est très liée à celle de la marée qui influencera par conséquent les valeurs de la minéralisation.

La salinité est un critère de classification des eaux superficielles, les eaux douces constitutives de la majorité des hydrosystèmes continentaux présentent une salinité qui n'excède pas 3 $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Williams, 1987). Le bassin de la Seybouse présente le long de son cours un gradient croissant de salinité amont-aval lié soit à des apports de chlorures d'origine anthropique soit à une salinisation naturelle de l'eau. Ce facteur contrôle la répartition de la faune, de la flore et des minéraux. Une conséquence importante est que l'augmentation globale de la salinité n'est pas

uniquement due aux ions Chlorures (Cl^-) y est encore de 230,10 mg/l au site I contre 960,40 mg/l (SIII) et celle en Sulfates (SO_4^{2-}) de 77,31 mg/l au site I à 309,93 mg/l au site III même s'ils participent avec le calcium et les ions bicarbonates, à la salinité de l'eau. Les analyses temporelles halines durant les 4 cycles annuels (2011-2014) montrent des variations inter-mensuelles plus marquées sur les stations étudiées. Ces variations suivent relativement bien l'hydrologie avec des saisons plus sèches qui engendrent des eaux en moyenne plus salées, et des saisons avec des débits plus importants et des concentrations en sels moins fortes. La salinité enregistrée dans le site I (0,47 g/l) est légèrement supérieure à celle enregistré dans le site II (0,32 g/l). Une influence terrestre tout à fait à l'amont, où la nature géologique salifère et gypsifère qui caractérisent la région amont principalement se fait sentir à ce site. Les teneurs les plus importantes s'observent principalement dans la station avale soumise directement aux influences marines avec des valeurs pouvant atteindre jusqu'à 1,26 g/l.

Les variations de la charge en MES présentent une faible diminution graduelle de la première à la troisième station. En effet, la teneur des matières en suspension est liée à la nature du terrain traversé et à la composition des rejets déversés. Par ailleurs, les concentrations les plus élevées ont été enregistrées dans les stations I et II suite à la nature argileuse du terrain ainsi qu'à la déformation du lit de l'Oued pouvant être attribué à une activité agricole et à une intense érosion du bassin versant probablement le résultat d'une manifestation hydrologique brutale (crue et étiages). Les valeurs moyennes les plus élevées sur la turbidité se retrouvent en amont du bassin versant de la Seybouse. Les charges de turbidité enregistrées au site II dépassent relativement la valeur limite acceptable pour les eaux courantes (70 NTU). Ceci pourrait être causé par les nombreux points d'extraction de granulats (sable et gravier) observés sur ce site.

Bien que de nombreuses espèces de solutés puissent contribuer à la dureté de l'eau, les principales sources naturelles sont les roches sédimentaires (chargées en calcium et en magnésium) ainsi que l'infiltration dans le sol et le ruissellement en provenance de régions où la couche arable est épaisse et où les roches sont calcaires contenant des quantités appréciables de minéraux comme le carbonate de calcium (CaCO_3). Les masses d'eau des affluents et du cours principal de la Seybouse sont considérées comme fortement dure par rapport aux résultats obtenues (SI : 70,60 °f ; SII : 54,10 °f et SIII : 65,53 °f).

Schématiquement, l'azote ammoniacal dissous dans l'eau est présent sous forme d'ammoniac (NH_3) si le pH est supérieur à 8 ou d'ammonium (NH_4^+) si le pH est inférieur à 8. Les valeurs du pH enregistrées déplacent cet équilibre dynamique en faveur de l'ammoniaque et les masses d'eau présenteraient une qualité moyenne dans un gradient amont aval clairement dessiné (SI : 7,98, SII : 8,17 et SIII : 8,86). Les gammes de pH létales aux poissons sont celles inférieures à 5 et celles supérieures à 9 (Brémond et Perrodon, 1979).

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est intimement liée à la température, à la pression partielle atmosphérique et à la salinité. En revanche, les pressions liées aux rejets anthropiques (en provenance notamment de la station d'épuration peu éloignée du site (SIII) et de l'agglomération de la ville d'El Hadjar) se font certainement ressentir dans l'estuaire avec des taux en oxygène dissous qui se rapprochent dangereusement d'une anoxie totale lorsque les conditions s'y prêtent en aval de l'Oued (SIII : 4,80 mg/l). La décomposition de la matière organique par les bactéries peut engendrer des conditions potentiellement dommageables pour la faune aquatique (Ricker, 1971) ainsi que des phases d'asphyxie du milieu surtout lorsque la dilution est insuffisante, engendrant ainsi des situations d'eutrophisation (Hébert et Légaré, 2000).

Toutes les valeurs moyennes enregistrées sur les teneurs en nitrates indiquent un seuil de masse d'eau médiocre (>25 mg/l). La présence de nitrates dans l'eau est essentiellement due aux activités humaines limitrophes, notamment l'agriculture et l'élevage. Mais elles ont également pour origine la dégradation des matières organiques, qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Les teneurs du NO_3^- les plus élevées sont enregistrées au site II (36,79 mg/l), suggérant la présence des engrais azotés.

Nous traitons dans un même contexte l'ammonium, où le seuil pour une masse d'eau médiocre a été atteint un niveau excessif (>2 mg/l), notamment dans les stations I (3,46 mg/l) et SIII (3,23 mg/l). Cette élévation pourrait avoir comme origine domestique et industrielle (Nisbet & Verneaux, 1970), du fait que l'Oued Seybouse et ses affluents reçoivent les effluents industriels et domestiques des fortes agglomérations environnantes.

Concernant les nitrites, les concentrations moyennes enregistrées affichent une dégradation des masses d'eau de qualité médiocre à mauvaise sur l'ensemble des sites explorés. En effet, toutes les valeurs enregistrées sont supérieures à 0,5 mg/l,

avec une cinétique de ces éléments azotés respectant un gradient croissant d'amont vers l'aval de l'oued.

Les teneurs moyennes en ions orthophosphates, dépassent largement le seuil (>1 mg/l) d'une masse d'eau de qualité mauvaise (SI : 10,86 mg/l, SII : 17,58 mg/l et SIII : 26,42 mg/l). Ces nutriments sont des macropolluants toxiques indicateurs de pollution excessive par les matières organiques azotées et phosphorées d'origine le plus souvent urbaine et industrielle mais aussi agricole. La situation est perturbée par les nutriments sur le site III en aval du bassin, ce qui indique que les eaux étudiées sont assujetties à un risque de pollution par ces nutriments. Les perturbations du cycle du phosphore ont comme principale origine les engrais, le métabolisme humain et animal et les lessives. En quantité excessive dans les milieux aquatiques, il peut être responsable de situation d'eutrophisation micro-algale. Même si les eaux usées sont traitées avant leur rejet dans le cours d'eau, le processus de traitement n'élimine pas complètement le phosphore (Hébert et Légaré, 2000).

La masse d'eau est toujours considérée en mauvais état en chlorure (>150 mg/l), les valeurs minimales sont enregistrées dans la partie amont du bassin, par un léger dépassement des teneurs en chlorure aux sites I et II oscillant entre 230,10 mg/l et 191,27 mg/l respectivement. La station III présente des eaux en classe médiocre 960,40 mg/l. Cette évolution indique la contribution d'un apport anthropique qui peut être d'origine urbaine aussi bien qu'industrielle.

Les teneurs en sulfates dans les trois stations, permettent alors de classer ces masses d'eau dans la classe bonne pour les sites I et II avec des valeurs respectives de 77,31 mg/l et 94,63 mg/l, et à la classe médiocre pour le site III (309,93 mg/l), dont la valeur dépasse largement le seuil critique (>190 mg/l). Ces valeurs expliquent un dysfonctionnement au niveau de ce site impacté par les eaux estuariennes.

5.2. Caractérisation et structuration du peuplement ichthyologique

Dans l'ensemble des secteurs étudiés et en considérant les 2 techniques de pêche confondues, l'échantillonnage piscicole ne fait ressortir que la présence de 7 espèces dans l'ensemble du bassin de la Seybouse. Les familles des Cyprinidae, des Mugilidae et des Moronidae ont les R_s les plus élevées, avec 2 espèces chacune. Cependant, ce peuplement ichthyologique présente des disparités spécifiques et numériques le long de la zone d'étude. En effet, la présence presque exclusive de

l'espèce *B. callensis* dans le site I s'expliquerait probablement par la disparition des autres espèces suite à une pollution aiguë et que des barrières infranchissables leur interdisent de recoloniser leur territoire perdu. Cette espèce est aujourd'hui présente sur l'ensemble du territoire étudié, la densité linéaire de la population de barbeau dans la haute et moyenne Seybouse est acceptable, bien que cette espèce soit accidentelle dans les cours d'eau en aval du bassin. La faible abondance de barbeaux capturés sur le secteur de la basse Seybouse en aval indique que la production de juvéniles est limitée et variable annuellement. Le principal facteur limitant de la reproduction des ichtyocénoses autochtones dans la région d'étude serait la température du cours d'eau. En effet, les fourchettes de température pour le développement de l'Able de chaignon sont assez restreintes. Par contre, les espèces dominantes dans la station III sont les cyprinidés d'eau rapides (rhéophiles) et pondeurs sur graviers (lithophiles). Le barbeau présente une distribution très large et pratiquement continue dans la plupart de leurs habitats du bassin de la Seybouse. Par contre, l'Able de Chaignon semble avoir toujours été présent dans la moyenne Seybouse mais sa capture était malaisée en raison de son comportement benthique. Il maintient quelques distributions relictées parfois abondantes mais très fragmentée dans les affluents d'Oued Zenati et Ras el Akba durant les étiages estivaux (à l'exception des cours d'eau et tronçons de cours d'eau les plus pollués) correspondent aux ruisseaux et petits cours d'eau rapides, à font caillouteux-graveleux, froids (moins de 20°C, pendant le mois le plus chaud) de la moyenne Seybouse. Des inventaires ponctuels risquent donc de manquer la présence de populations très peu denses, d'autre part, les Ables de Chaignon sont souvent cantonnées dans des tronçons apicaux d'extension très limitée. Une couverture d'échantillonnage plus large et un effort d'échantillonnage plus important révéleraient probablement la présence de ces espèces à distribution très limitée ou de redécouvrir des espèces considérées comme localement éteintes dans d'autres milieux aquatiques continentaux. Une attention particulière devrait être accordée aux habitats qui ont pu échapper aux dégâts causés par la pollution.

L'analyse de variance des paramètres morphométriques et pondérales appliquées aux fractions de population de *B. callensis* échantillonnées dans les 3 stations, a permis de mettre en évidence deux aires d'occupation distinctes. La première aire faiblement anthropisée regroupe les stations situées en amont (SI et SII) avec des taux de capture de barbeaux respectives de 39,95% et 37,25%. Ce

secteur semble être colonisé par des poissons de longueurs et de poids éviscérés totaux moyens respectifs de 412,6 mm (725,3 g) et 319,2 mm (334,2 g). La seconde aire de Sidi Salem, avec un taux de capture de 22,8%, n'est occupée que par une fraction de barbeaux de plus petite taille ($L_{t_{moy}} = 183,8$ mm, $W_{e_{moy}} = 64$ g). Aussi, la position de l'oxygène dissous sur la partie positive de la CP1 pourrait justifier par le fait que les eaux du bassin de la Seybouse sont plus oxygénées dans la partie amont, éloignée de l'impact des effluents urbains, fort importants en aval du bassin. Parallèlement, la teneur en MES définit un axe de pollution par les particules organiques et minérales naturelles charriées par le lessivage des sols lors de la période de crue. Elle est fonction de la nature du terrain traversé. D'une part, les eaux faiblement minéralisées riches en OD et MES, contribuent à améliorer la qualité des masses d'eaux et donc favoriser la présence d'une population piscicole exigeante. Ce type de régions, celles des têtes de bassin de haute et moyenne montagnes (SI et SII), pourrait constituer des aires de refuge à cette espèce. Par contre, la zone de Sidi Salem située dans la partie avale du cours d'eau principal de la Seybouse maritime est considérée comme la plus affectée sur le plan physico-chimique avec des répercussions probables sur la nature des habitats fréquentés, sur la structure démographique et la dynamique de la population de *B. callensis*. Considérant le paramètre salinité, par exemple, la salinisation de la station avale (1,26 g/l) pourrait affecter le métabolisme physiologique des poissons, notamment leur fonction osmorégulatrice; en effet, il semblerait que les plus jeunes individus soient plus tolérants à la salinité que les plus grands individus qui préfèrent les eaux douces situées plus en amont de la Seybouse (< 0,5 g/l). Les quantités considérables de matières organiques, de nutriments et de sels minéraux d'origine domestique et industrielle déversées en amont de la station III sont autant de facteurs qui favoriseraient l'apparition de crises dystrophiques avec pour conséquence la raréfaction des adultes de *B. callensis* à l'embouchure de Sidi Salem au profit de l'installation d'individus de tailles plus réduites et plus tolérants au stress environnemental. L'hétérogénéité de la distribution spatiale des catégories de tailles de *B. callensis* le long du réseau hydrographique ne serait pas liée uniquement au facteur anthropique et aux conditions environnementales défavorables mais également aux caractéristiques écobiologiques de l'espèce. En effet, cette espèce s'abrite dans les trous d'eau profonds en période hivernale et ce n'est qu'au printemps que leur répartition s'effectue (Kraiem, 1989). Toutefois, l'ensemble des

résultats obtenus, ne permettent pas de les comparer avec d'autres populations riveraines de *B. callensis*, malgré son endémisme dans la partie Nord du continent africain (Pellegrin, 1939; Almaça, 1972). La majorité des travaux traitent du comportement et de la réaction de l'ichtyofaune dulcicole vis-à-vis de l'influence du stress physico-chimique en milieu contrôlé (Poncin *et al.*, 1987; Bianco et Nordlie, 2008; Küçük, 2013; Dubey *et al.*, 2014).

En général, la population de barbeau *B. callensis* est omni présente sur presque tout le réseau hydrographique du bassin de la Seybouse. Ainsi les affluents aux eaux froides et bien oxygénées qui caractérisent la moyenne Seybouse (SII) procurent des habitats à *P. callensis*. La diversité la plus élevée en espèces se situe à la station III en aval du bassin. Un ensemble ichthyologique vivant dans un milieu franchement estuarien reste dominé par *M. cephalus*; *M. auratus*; *D. labrax*; *D. punctatus* et *A. anguilla*. Par contre, à l'intérieur du bassin, la répartition des poissons ne s'établit pas de manière aléatoire mais dépend étroitement des préférences écologiques des espèces. Les conditions environnementales locales concernant des paramètres comme la température, la vitesse d'écoulement des eaux, la profondeur, qui dépendent de facteurs de contrôles plus globaux comme le climat, la sédimentologie ou la structure du réseau hydrographique, déterminent la répartition des espèces. Il en résulte une structuration des peuplements piscicoles marquée à la fois par des modifications de l'amont vers l'aval et des différenciations régionales.

L'étude des indices écologiques (I_{sh} , I_{Sim} et I_{Hill}) permettent également de mieux comprendre la structuration et l'organisation du peuplement ichthyologique du bassin de la Seybouse. Les variations spatiales de diversité pour la période 2011 à 2014, ont été analysées pour chacune des échelles spatiales considérées dans la présente étude. Une variabilité spatio-temporelle de la distribution des espèces est d'ores et déjà observable. La valeur nulle de l'indice de Shannon dans la station I signifie que le peuplement en place est constitué d'une seule espèce contrairement aux autres stations. L'utilisation de l'indice de diversité de Simpson vient conforter les résultats obtenus avec l'indice de Shannon. La diversité est maximale lorsque toutes les entités ont la même abondance relative (distribution uniforme). La situation est similaire en utilisant l'indice de diversité de Hill qui montre que la diversité la plus élevée est observée à la station SIII comparée aux secteurs I et II qui

montrent de faibles diversités. Comme sur la plupart des systèmes fluviaux, la répartition des espèces en fonction du gradient longitudinal constitue le trait le plus marquant de l'organisation des peuplements piscicoles. La richesse en espèces n'est pas la seule caractéristique à varier le long du gradient longitudinal. On constate en effet que parallèlement, les stratégies biologiques et écologiques des espèces évoluent. On peut cependant essayer de dégager une éventuelle tendance à la diminution de la taille avec l'augmentation de la salinité en comparant en trois stations les structures en tailles de certaines espèces ayant une large répartition dans l'aire d'étude (*B. callensis*). L'hétérogénéité de la distribution spatiale des catégories de tailles de *B. callensis* le long du réseau hydrographique ne serait pas liée uniquement aux facteurs anthropiques et aux conditions environnementales défavorables mais également aux caractéristiques éco biologiques de l'espèce. La diminution de la richesse spécifique et de la diversité vers l'amont est un phénomène connu dans les rivières (Albaret et Merona, 1978, par exemple). En effet, cette espèce s'abrite dans les trous d'eau profonds en période hivernale et ce n'est qu'au printemps que leur répartition s'effectue (Kraiem, 1989). La typologie spécifique mise en évidence sur ces milieux, rejoint dans ses grands traits la zonation longitudinale d'amont en aval réalisée sur les systèmes d'eau courante comme celle qu'évoquent (Tramer et Rogers, 1973; Baglinière, 1979). Les travaux de Verneaux (1981), placent au cœur de l'analyse le problème de la succession des zones à brème (cours d'eau lents et chauds), à ombre et barbeaux (régions pré-montagneuses aux grands cours d'eau de plaine) jusqu'aux zones à truite marquant les milieux montagnards et rivières froides. Un tel gradient a d'ailleurs été mis en évidence sur les retenues portugaises (Godinho *et al.*, 1998) avec néanmoins des espèces différentes. Ces espèces, considérées comme des traceurs d'une dégradation des conditions physico-chimiques ou sédimentaires, régressent pour ne plus subsister en aval du bassin, comme cela a été démontré chez le vairon *Phoxinus phoxinus* (Touchart et Clave, 2009).



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ce projet de thèse avait pour objectif principal l'évaluation des impacts potentiels de la qualité physico-chimique sur la répartition de l'ichtyofaune inféodée au réseau hydrographique du bassin de la Seybouse. Les valeurs mesurées sur chacun des trois sites étudiés, affichent des concentrations moyennes en nitrates, nitrites, ortho phosphate, ammonium, chlorure et Titre hydrométrique supérieures aux normes recommandées. Ces résultats manifestent l'impact de l'intensification de l'agriculture, des rejets domestiques et industriels, principalement en aval du bassin, où il règne une extrême variabilité des conditions physico-chimiques et permettent de décrire la situation suivante :

- Un gradient de minéralisation et de charge polluante organique croissant d'amont en aval faisant apparaître l'influence prépondérante de l'apport des effluents domestiques, agricoles et industriels en aval du réseau hydrographique.
- Une ségrégation spatiale de la structure démographique de la population de *B. callensis* qui est la mieux représentée numériquement dans l'ensemble des stations échantillonnées. Cette ségrégation, observée d'aval en amont, est favorisée par la dégradation de qualité physico-chimique des eaux (enrichissement en nutriments, surcharge de substances polluantes).

L'ensemble du bassin de la Seybouse abrite actuellement un peuplement ichtyologique comprenant 7 espèces, dont 2 exclusivement dulcicoles (*Barbus callensis*, *Pseudophoxinus callensis*) et 5 eurysalines (*Mugil cephalus*, *M. auratus*, *Dicentrarchus labrax*, *D. punctatus* et *Anguilla anguilla*). Les proportions numériques sont très variables dans les 3 stations avec une nette dominance de *B. callensis*. A l'échelle globale, la répartition des espèces évolue selon un axe longitudinal. En réponse aux changements d'habitats, le nombre d'espèces augmente de d'amont en aval, selon un gradient croissant de minéralisation et de trophie. La composition de ce peuplement ichtyologique varie également selon cet axe, des espèces différentes se succédant et se remplaçant. A cette structuration longitudinale s'associe une structuration régionale du peuplement ichtyologique. La nature géologique des terrains traversés par les cours d'eau les façonne, entraînant leur différenciation régionale. Ce peuplement ichtyologique répondrait naturellement à cette différenciation régionale par une variation de leur richesse et de leur composition en espèces.

Cependant les 2 stations situées en amont (SI et SII) s'assèchent plusieurs mois en basses eaux, comme c'est le cas pour la plupart des fleuves africains, la zonation longitudinale des peuplements ichtyques ne représente pas une force structurante importante.

L'influence des effets saisonniers sur la répartition et la complexité de l'habitat, tenue pour diminuer vers l'aval pourraient être un élément d'explication. Des études intégrées par bassin prenant en compte ces composantes doivent impérativement être conduites. Nous pouvons ainsi caractériser schématiquement deux types de situation en bassin de la Seybouse :

- La partie aval, grossièrement de Sidi Salem (SIII) à l'embouchure, présente une richesse spécifique relativement importante et une diversité acceptable, situation que nous considérons "normale" pour un milieu estuarien méditerranéen de ce type.
- La faible diversité en amont du bassin avec la présence d'une seule espèce abondante dans la station I est un phénomène décrit également dans les rivières. Celles-ci montrent un déséquilibre croissant du peuplement ichtyologique provoqué par la dominance très nette, voire la quasi-exclusivité de l'espèce *B. callensis* et la faible représentativité de la population de l'Able de Chaignon *P. callensis* au site II. Au nombre des individus de *Barbus callensis* disparues ou fortement raréfiées, en aval du bassin (SIII).

Nous observons donc dans ce bassin une zonation longitudinale du peuplement ichtyologique peu marquée mais présentant cependant des assemblages d'espèces caractéristiques. La variabilité temporelle est faible et la corrélation avec les caractéristiques physico-chimiques de l'eau limitée à un faible nombre d'espèces, s'est fortement imposée. La majeure partie des cours d'eau étudiés ici se situe dans des zones de forte pente et il est fort probable que l'hydraulique soit un facteur structurant non négligeable.

Le vieillissement de la Seybouse constitue une profonde mutation écologique qui atténue le pouvoir auto-épurateur de l'écosystème et le rend particulièrement fragile à la plupart des perturbations d'origine anthropique.

A terme, La faune ichtyologique dulçaquicole autochtone offre un matériel expérimental de choix pour tester les effets des différentes perturbations environnementales spatiales sur la dynamique et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Il est cependant possible qu'une partie du peuplement ichtyologique ait

échappé aux études antérieures du fait de la méthodologie d'échantillonnage mise en œuvre (filet trimaille, pêches électriques et l'effort de pêche déployé). Par rapport à l'étendue du bassin de la Seybouse, cet échantillonnage reste limité dans l'espace. Il convient cependant de rester prudent dans les interprétations, compte tenu d'un biais possible dû à la fuite éventuelle de certaines espèces ou classes de taille devant la technique d'échantillonnage employée.

A une échelle plus restreinte, telle l'échelle de secteurs de cours d'eau, d'autres paramètres d'habitats influencent la distribution des espèces de poissons. En effet, les espèces de poissons doivent pouvoir non seulement trouver les habitats vitaux (alimentation, reproduction et repos) mais aussi y accéder librement. De nombreux obstacles jalonnent la Seybouse et ses affluents. Ils constituent des entraves partielles ou totales à la circulation des poissons. Dans certains cas stratégiques où les frayères des espèces cibles sont isolées des zones de grossissement, il faut donc rendre franchissables les barrières à la migration, soit par un aménagement direct de l'ouvrage, soit, en cas d'impossibilité, par la mise en place de passe à poisson pour faciliter le déplacement des espèces migratrices, comme c'est le cas d'*A. anguilla* qui est une espèce en danger critique. Actuellement, elle souffre de la présence d'obstacles à la montaison et la dévalaison, du recul des zones humides, du bouchon vaseux désoxygéné dans les estuaires ainsi que de la pollution des eaux et des sédiments, d'autant plus que son séjour en eaux douces est relativement long, ce qui peut compromettre sa survie.

Les espèces exotiques peuvent entrer en compétition avec les espèces indigènes, et éventuellement les éliminer, lorsqu'elles utilisent les mêmes ressources trophiques.

Cette étude mérite d'être complétée aussi dans l'espace que dans le temps dans une perspective d'améliorer les connaissances sur les différents types de pressions anthropiques et leurs impacts écologiques. Il s'agit de mieux connaître également les effets des interactions : les cours d'eau du bassin sont en effet généralement l'objet de pressions anthropiques multiples, n'agissant pas de manière indépendante. Mais le véritable enjeu des recherches à venir consiste sans doute à définir les bases scientifiques des futurs outils de gestion et de restauration des cours d'eau. Il semble important et intéressant de poursuivre le suivi pluriannuel de la faune ichtyologique de la Seybouse pour mieux connaître leur dynamique et les traits d'histoire de vie des populations. En effet les suivis sur le long terme permettent de discerner les fluctuations

interannuelles et de faire ressortir les grandes tendances d'évolution des populations, de détecter des évènements rares et de pouvoir établir des hypothèses plus robustes sur les facteurs explicatifs de la dynamique des populations. Pour ce qui concerne les problèmes de qualité de l'eau nécessaire au maintien des biocénoses aquatiques et des ichtyocénoses, plusieurs exemples démontrent que l'exécution de programmes d'épuration des eaux usées domestiques et industrielles permet de rétablir assez rapidement les conditions chimiques requises pour la reconstitution naturelle de populations ichtyologiques menacées.



RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES

A

AFNOR, (1997). - Qualité de l'eau. Recueil des Normes Françaises Environnement. *Tomes 1, 2, 3 et 4. 1372 p.*

Alatalo R. V., (1981). — Problems in the measurement of evenness in ecology. *Oikos, 37 (2) : 199-204.*

Albaret J.J., Merona B., (1978).- Observations sur la faune ichthyologique du bassin de l'Agnéby (Côte d'Ivoire). *Rapport ORSTOM, BOUAKE, 18, 58 p.*

Almaça C., (1966).- Sur la systématique des Barbeaux marocains (Pisces, Cyprinidae, Barbus). *Arg. Mus. Boc., 2, 1, 7 :111-121*

Almaça C., (1969).- Révision critique des quelques types de Cyprinidés d'Europe et d'Afrique du Nord des collections du Muséum d'Histoire Naturelle, *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, 40: 1116-1144*

Almaça C., (1970a).- Sur les Barbeaux (Genre et Sous-genre Barbus) de l'Afrique du Nord, *Bull. Mus. Hist. nat., Paris, 2é sér., 42, 1, p. 141-158*

Almaça C., (1970b).- Sur un cyprinidé Nord-africain: *Barbus issensis* ou *Varicorhinus issensis* ? *Bull. Mus. Hist. nat., Paris, 2é sér., 42, 1*

Almaça C., (1970c).- Sur la spéciation des Barbeaux nord-africains. *Bull. Mus. Hist. Nat., Paris (2) 42 (5) : 853-856*

Almaça C., (1972).- Sur la Systématique des Barbeaux (genre et sous-genre Barbus) de la Péninsule ibérique et de l'Afrique du Nord. *Arquivos do Museu Bocage, 2 ser., 3 (10) : 319-346*

Almaça C., (1976).- Zoogeografia e Especiação dos Ciprinídeos da Península Ibérica. *Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais. Natura, 4 : 1-28.*

Almaça C., (1977). - Sur les types de *Pseudophoxinus* Bleeker, 1860, Nord africains du Muséum Naturelle de Paris. *Cybium, (3)2: 25-33.*

Almaça C., (1979). - Les espèces et la spéciation chez les *Pseudophoxinus* nord-africains (Pisces, Cyprinidae). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 4e Sér. (A), 1:279-284.*

Almaça C., (1990).- Neogene circummediterranean paleogeography and euromediterranean Barbus biogeography. *Arg. Do. Mus. Boc. Nova, 1: 585-611.*

Almaça C., (1995). - Freshwater fish and their conservation in Portugal. *Biol. Conserv., 72: 125-127.*

Anonyme, (2002). - Bassin de la Seybouse. Actualisation. *Les Cahiers de l'Agence*, Agence de bassins hydrographiques Seybouse-Mellag-constantinois (ABH), 7: 32p.

Aouanallah O., (2007). - Caractères chimiques des apports de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba: sels nutritifs et matières organiques. Mémoire de Magistère, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie, 38p.

Aouanallah O., (2015). - Distribution and Fluxes of Biogeochemical Variables in the Seybouse River Estuary, SW Mediterranean. *Adv. Envir. Biol.*, 9(11): 101-108.

Arab A., (1989). - Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse de magistère en hydrobiologie, 139 p. Univ. des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène (Alger).

Argillier, C., Pronier, O., Irz, P. & Molinier, O. (2002). - Approche typologique des peuplements piscicoles lacustres français. II. Structuration des communautés dans les plans d'eau d'altitude inférieure à 1500 m. *Bull. Fr. Pêche Pisc.* 365/366: 389-404.

Arrignon J., (1962). - *Tilapia mossambica* Peters, *Tilapia macrochir* Blgr., *Tilapia zillii* Gervais. Trois nouveaux venus dans les eaux douces algériennes. *Ann. Cent. Rech. Exper. Forest.*, Alger 2:33-63.

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

B

Bacha m. & Amara R., (2007). - Les poissons des eaux continentales d'Algérie. Étude de l'ichtyofaune de la Soummam. *Cybium*, 2007, 31(3) : pp.351-358.

Baglinière J.L., (1979).- Les populations pisciaires en place sur une rivière à salmonidés de Bretagne-Sud, le Scorff. *Cybium*, 6.

Bagnoul S. & Gaussen H., (1957). - Les climats Biologiques et leurs Classifications . *Ann. Géogr. Fr. N° 355: 193-220.*

Balik S., (1995). - Freshwater fish in Anatolia, Turkey. *Biol. Conserv.*, 72: 213-223.

Barbault R., (1995). – Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2^{ème} édition – Masson, Paris – Milan – Barcelone. P. 15-19.

Battandier J. A. & Trabut L., (1898).- L'Algérie, le sol et les habitants. Flore, faune, Géologie, Anthropologie, Ressources agricoles et économiques. Bibliothèque scient. Contemporaine. Paris, J, -B. Baillièrre, 1898- 360P.

- Belarouci M., (2005).** - caractérisation morphologique et systématique du Tilapia de l'Oued Righ. Suivi d'un élevage intensif de l'*Oreochromis niloticus* dans la région d'Ouargla. Magister en Agronomie saharienne Université de Ouargla. 100p.
- Bianco P.G., (1995).** - Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy. *Biol. Conserv.*, 72: 159-170.
- Bianco P. G., & Nordlie F., (2008).**- The salinity tolerance of *Pseudophoxinus stymphalicus* (Cyprinidae) and *Valencia letourneuxi* (Valenciidae) from western Greece suggests a revision of the ecological categories of freshwater fishes. *Ital J Zool* 75(3):285-293.
- Blanchet M.H., (2004).**- Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du Bassin d'Arcachon. *Thèse Doc. Etat, Université de Bordeaux 1.* 331p.
- Blanco J.L., Hrbek T. & I. Doadrio, (2006).** - A new species of the genus *Aphanius* (Nardo, 1832) (Actinopterygii, Cyprinodontidae) from Algeria. *Zootaxa*, 1158: 39-53.
- Blayac J., (1912).**- Esquisse Géologique du Bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines.- *Cartes et coupes Géologiques.* 491pages.
- Bodiou d. Y. & Chardy P., (1973).**- Analyse en composantes principales du cycle annuel d'un peuplement de copépodes harpacticoides des sables fins infralittoraux de Banyuls-sur-mer. -*Mar. Biol.* 20, 27-34.
- Bouhadad R. & Asselah B., (1998).** - Biodiversité comparée de l'ichtyofaune des eaux douces algériennes (Sahara et Nord) et maghrébine. *Santé Plus*, 61: 19-22.
- Bouhadad R., (1993).**- Distribution des espèces du genre *Barbus* en Algérie. *Cah. Ethol.* 13: 185-188
- Boulenger G. A., (1909).**- Catalogue of the fresh-water fishes of Africa in the British Museum (Natural History). Volume I. Printed by order of the Trustees, London. 373 p.
- Boulenger G.A., (1911).** - Catalogue of the freshwater fishes of Africa in the British Museum (Natural History). London. 2:529 p.
- Bouton L., (1957).**- Trois semaines à l'embouchure de l'oued Sebaou. *Bull. Stat. Aquic. Pêche Castiglione* 1:37– 114.
- Brémond R. & Perrodon C., (1979).**- Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. 2ème ed : 259 p.
- Burthey A., (1991).**- Etude du régime alimentaire du cerf de Berbérie (*Cervus elaphus barbarus* Bennet, 1833). *Dipl. Eco. Prat. Haut. Etudes, Montpellier*, 91p.

C

Cauvet G., (1913). - Les poisons du Sahara algérien. *Bull Soc Géogr Alger* 18: 696-717.

Cauvet G., (1915). - Les mares à silures de l'Algérie. *Bull Soc Hist Nat Afrique du Nord*, 6: 102-104.

Chaib N., Bouhala Z., Fouzari L., MARziali L., Samraoui B. & Bruno Rossaro B., (2013). - Environmental factors affecting the distribution of Chironomid larvae of the Seybouse wadi, North-Eastern Algeria. *J. Limnol.*, 2013; 72(2): 203-214.

Chaibi R, Si Bachir A, Chenchouni, H, Bouletreau S, Cereghino R. & Santoul F., (2012). - Effect of large-scale environmental variables and human pressure on distribution patterns of exotic continental fish in east Algeria. *Zool. Ecol.*, 22, 166-171.

Chaibi R., (2014). – Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des Aures et du Sahara septentrional avec sa mise en valeur. Thèse de doctorat es.Sciences, *Univ. Mohamed Khider, Biskra, Algérie*, 212 pages.

Chaibi R, Si Bachir A. & Chenchouni H., (2015).- New inland sites for the Mediterranean killifish (*Aphanius fasciatus* Valenciennes, 1821) in the Sahara Desert of Algeria. *J. Appl. Ichthyol.*, 3 : 1072-1076.

Chalabi A., (2000). - Aquaculture en Algérie et son contexte maghrébin. Rapport de synthèse, *Ministère de la Pêche et de l'Agriculture*. 50 p.

Chaouchi B. & Ben Hassine O.K., (1998). – Le barbeau *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Poisson, Téléostéen) de la lagune de l'Ichkeul. *Arcbs.Inst. Pasteur Tunis*, Tome 75 (3/4), 211-218.

Cuvier G. & Valenciennes A., (1842). - Histoire naturelle des Poissons. Vol. 16, pp. 1828-1850. *Paris: P. Bertrand*.

D

Daget J., Gosse J.-P., and Thys van den Audenaerde D. F. E. eds., (1984). – CLOFFA 1. Check-list of the freshwater fishes of Africa. Tervuren, Mrac, *Paris, Orstom*, vol. 1, 410 p.

Daget J., Gosse J.-P., and Thys van den Audenaerde D. F. E. eds., (1986 a). – Check-list of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA). *Paris, Orstom ; Bruxelles, ISNB et Tervuren, Mrac*, vol. 2, 520 p.

Daget J., Gosse J.-P., and Thys van den Audenaerde D. F. E. eds., (1986 b). – Check-list of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA). *Paris, Orstom ; Bruxelles, ISNB et Tervuren, Mrac*, vol. 3, 273 p.

Daget J., Gosse J.-P., and Thys van den Audenaerde D. F. E. eds., (1991). – Check-list of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA). *Paris, Orstom ; Bruxelles, ISNB et Tervuren, Mrac, vol. 4, 740 p.*

Dajoz R., (1975). - Précis d'écologie. Éd. Dunod, Paris. 434p.

Dajoz R., (1985). - Précis d'écologie. Éd. Dunod, Paris. 505p.

Dajoz R., (2006).- Précis d'écologie, 8^e Edition, Ed. Dunod, Paris, 631 p.

Darwall W., Carrizo S., Numa C., Barrios V., Freyhof J. & Smith K., (2015). - Les zones clés pour la biodiversité d'eau douce dans le hotspot du bassin méditerranéen. Un éclairage pour la conservation des espèces et la planification du développement dans les écosystèmes d'eau douce. Cambridge, Royaume-Uni et Malaga, Espagne: UICN. x + 86pp.

Davies, S.P. & Jackson, S.K., (2006).- The biological condition gradient : a descriptive model for interpreting change in aquatic ecosystems. *Ecological Applications 16, 1251-1266.*

Deelder CL., (1985). - Exposé synoptique des données biologiques sur l'anguille, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), *FAO, Rome.*

Dieuzeide R., (1927). - L'Oued Réghaia. *Bull. Stat. Aquic. Pêche Castiglione 2:161–171*

Dieuzede R & Argilas A., (1928). - Quelques expériences d'ostréiculture dans le port d'Alger. *1^{er} fasc. Stat. castigl. 151-160.*

Dieuzeide R., (1932). - L'empoissonnement des eaux de l'Oued Mazafran. *Bull. Stat. Aquic. Pêche Castiglione 2:189–207.*

Dieuzeide R. & Champagne R., (1950). - L'Able de la Calle (*Phoxinellus callensis* Guichenot, 1850). *Bull. Stat. Aquic. Pêche Castiglione 2, 171-184.*

Dieuzeide R. & Rolland J., (1951). - Le laboratoire d'hydrobiologie et de pisciculture d'eau douce du Mazafran. *Bull. Stat. Aquic. Pêche Castiglione 3:190–207.*

Djabri L. Hani A., Mania J. & Mudry J., (2000). - Conséquences des pratiques agricoles sur la qualité des eaux du bassin de la Seybouse (Est algérien). Actes de colloque, ESRA 2000, Poitiers, France, S3, pp. 39-42.

Doadrio I., (1994).- Freshwater fish fauna of North Africa and its biogeography. In: Diversité biologique des poissons des eaux douces et saumâtres d'Afrique, synthèses géographiques. Teugels, Guégan and J.-J. Albaret (eds.), *Ann. Mus. r. Afr. Centr., Zool., 275 : 21-34.*

Doadrio I., Bouhadad R. & Machordom A., (1998). - Genetic differentiation and biogeography in Saharan populations of the genus *Barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae). *Folia Zool.* 47(suppl 1): 7 – 20.

Dubey JP., Ness SL., Kwok OC., Choudhary S., Mittel LD. & Divers TJ., (2014).-Seropositivity of *Toxoplasma gondii* in domestic donkeys (*Equus asinus*) and isolation of *T. gondii* from farm cats. *Vet Parasitol.* 2014 Jan 17; 199(1-2):18-23.

Dumont H., (1981). - Relict distribution patterns of aquatic animals: Another tool in evaluating late Pleistocene climate changes in the Sahara and Sahel. *Paleoecol. Afr.*, 14: 1-24.

E

Economidis P.S., (1995). - Endangered freshwater fishes of Greece. *Biol. Conserv.*, 72: 201-211.

Elvira B., (1995). - Native and exotic freshwater fishes in Spanish river basins. *Freshw. Biol.*, 33: 103-108.

Emberger L., (1955).- Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Montpellier* 7, (1955) p 3-43.

Evrard M. & Powell A., (2002). – Rivers as living systems. *Aq. Cons. Mar. Freshwat. Ecosyst.*, 12:329-337.

F

Fischer W., Bauchot M-L. & Schneider M., (1987). - Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1). Méditerranée et mer Noire, zone de pêche 37. *Volume 2. Vertébrés, CEE, FAO, éd. FAO, Rome, 761-1530p.*

Froese R. & Pauly D. (Eds), (2006). - FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.

G

Gauthier H. (1928). - Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Minerva, Alger. 149p.

Gervais F.L.P. (1853).- Remarques sur les poissons fluviatiles de l'Algérie, et description de deux genres nouveaux sous les noms de Coptodon et Tellia . *Ann. Sci. Nat., Paris, Zoologie (Sér. 3)* V.19:5-17.

Gervais P., (1867). - Sur les poissons de l'Algérie. *Bull.Soc.Nat. Imp. Zool. Acclim.* 2-4 : 8-12.

Ghachi A., (1982).- Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie: le bassin de la Seybouse, *Alger, O.P.U., 508 p.*

Ghodbane M., (2009).- Etude de la contamination des eaux souterraines de la zone nord de chemora par les nitrates - Est algérien - Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Hydraulique, *Université de Batna, Algérie*, 147 p.

Godinho F.N., Ferreira M.T., Portugal E., & Castro M.I., (1998).- Fish assemblage composition in relation to environmental gradients in Portuguese reservoirs. *Aquat. Living Resour.*, 11, 325-334.

Gouasmia G., Amarouayache M., Frihi H. & Kara M.H., (2016).- Caractérisation physico-chimique de trois lacs salés permanents de la vallée d'Oued Righ (Sahara septentrional, Algérie nord-est). *Rev Eco. (Terre et Vie)*, 70(4) : 330-341.

Guezi R. & Kara M. H., (2015). - Age, growth and reproduction of the endangered jewelfish *Hemichromis bimaculatus* (Cichlidae) in the valley of Oued Righ (South-eastern Algeria). *Cybium*, 39(4): 301-307.

Guezi R., (2016).- L'ichtyofaune de l'Oued Righ: Biologie et dynamique de l'Acara Rouge *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) et de l'Aphanius de Corse *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827). Thèse de doctorat, Université Badji-Mokhtar, Annaba. 143 p.

Guichenot A., (1850). - Exploration Scientifique de l'Algérie: Pendant les Années 1840, 1841, 1842. Sciences Physiques. Histoire Naturelle des Reptiles et des Poissons, vol. 5, 183 pp. Paris.

H

Hébert S. & Légaré S., (2000).- Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec 24. Envirodoq no ENV-2001-0141 . *Rapport n° QE-123* p.

Hill M. O., (1973). - Diversity and evenness : a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427-432.

J

Jean-Paul B., (1981). - Cartographie de l'utilisation du sol dans l'Est algérien : essai de zonage agricole. Geography. Université Paul Valéry - Montpellier III, 1981. French.

K

Kara H.M., (2011). - Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. *Eur. J. Wil. Res.*, 58 (1): 243-253.

Kara H.M., (2012). - Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. *European Journal of Wildlife Research*, 58 (1): 243-253.

Karr, J.R., Fausch, K.D., Angermeier, P.L., Yant, P.R., et Schlosser, I.J., (1986). - Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale. http://www.nrem.iastate.edu/class/assets/aec1520/supplemental/Karr_et_al_1986.pdf. 2 mars 2009.

Karr, J.R., (1996). -Ecological integrity and Ecological health are not the same. Dans *Engineering within ecological constraints*, P. Schulze, *ed. (Washington: National Academy Press), pp. 97-109.*

Keenleyside M.H.A. (Ed.), (1991). - Cichlid Fishes: Behaviour, Ecology and Evolution. *Serie Fish and Fisheries, Vol. 2, 404 p. London: Chapman & Hall.*

Keith P. & Allardi J. (coord.), (2001).- Atlas des poissons d'eau douce de France , *Patrimoines Naturels, 47, 387p.*

Khanchoul K., Boukhrissa Z.A. & Majour H., (2012). - Statistical modelling of suspended sediment transport in the Cherf drainage basin, Algeria. *Com. Geol., 99(1): 27-32.*

Khelifa , R., Youcef, A., Kahlerras, A., Alfarhan, A., AL-Rasheid , K. & Samraoui B. (2011). - Odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Rev. Ecol., 66(1): 55-66.*

Kraiem M. M., (1983).- Les poissons d'eau douce de Tunisie : Inventaire commenté et répartition géographique, *Bull. Inst. Nat. Sc. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô, 10 : 107-124.*

Kraiem M., (1989).- Les poissons d'eau douce de Tunisie. Inventaire commenté et répartition géographique. *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Océanog. Pêche Salammbô, 10: 107-124*

Küçük S., (2013).- The effects of salinity on growth of goldfish, *Carassius auratus* and crucian carp, *Carassius carassius*. *African Journal of Biotechnology Vol. 12(16), pp. 2082-2087.*

L

Leberre M., (1989).- Faune du Sahara. I- Poissons, Amphibiens, Reptiles. *Serie Terres africaines, Paris: Ed. Lechevalier & R. Chabaud : 332 p*

Legendre L., & Legendre P., (1979).- Ecologie numérique. Tome 2 : la structure des données écologiques. *Masson, Paris et la Presse de l'Université du Québec, 254 p.*

Leynaud, G. (1968). -Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.

Louamri A., (2013).- Le bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale): Hydrologie et aménagement des eaux. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en (Géographie et Aménagement du Territoire, option : Hydrologie), *Université de Constantine 1, Algérie, 300 p.*

Lounaci-Daoudi D., (2012). - Les poissons d'eau douce d'Algérie : inventaire et répartition. 13ème Congrès Franco - Maghrebain de Zoologie et d'Ichthyologie - Marrakech –Maroc : 6 –10 Novembre 2012.

M

Machordon A., Bouhadad R. & Doadrio I., (1998). - la variation des allozymes et l'histoire évolutive des populations d'Afrique du Nord du genre *Barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae). *Divers Distrib* 4:217-234.

Madoui A. (2002).- Les incendies de forêts en Algérie. Historique, bilan et analyse. *Forêt méditerranéenne*. t. XXII, (1) : 23.

Margalef R., (1968).- Perspectives in ecological theory. *Univ. Chicago Press, Chicago, III. 111 p.*

Mc neely, R.N., Neimainis V.P. & Dwyer, L. (1980). – Référence sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux environnements. *Canada. Direction de la qualité des eaux, Ottawa. Canada.*

Meddour A., (1988). - Parasites of Freshwater Fishes from Lake Oubeira, Algeria. *Thesis of Master of Science, Department of Zoology, The University of Liverpool, U.K.*

N

Nisbet M., & Verneaux J., (1970).- Composantes chimiques des eaux courantes. *Annales de limnologie. Tome 6. 161-190.*

Nyman L., (1975). - Allelic selection in a fish (*Gymnocephalus cernua* L.) subjected to hot water effluents. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 54: 75-82.

O

Ounissi M., Gouiez H., Labeled S., Saker I., Haridi A., Khelifi-Touhami M. & Djorfi S., (2006). - Apports en phosphate et en azote minéral de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba (Algérie). Actes 8ème Congrès International des Limnologues d'Expression Française (abstract book), March 17-21, Hammamet, Tunisia.

Ounissi M., Ziouch O. R. & Aounallah O., (2014). - Variability of the dissolved nutrient (N, P, Si) concentrations in the Bay of Annaba in relation to the inputs of the Seybouse and Mafragh estuaries. *Mar. Poll. Bull.*, 80: 234-244.

Oudin, L. C. & Maupas D., (2003). - Système d'Evaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau. Rapport de présentation SEQ-Eau (Version 2) - MEDD & Agences de l'eau, 40 p

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

Oussaid, M.; (2006).- National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Dans: Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO [en ligne]. Rome. Mis à jour 2 March 2006. [Cité le 21 October 2016]. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_algeria/fr#tcN7018B

P

Pellegrin J., (1920). - Sur deux Cyprinidés nouveaux d'Algérie et Tunisie appartenant au genre *Phoxinellus*. *Bulletin Musée Histoire National* 26,372-375.

Pellegrin J., (1921). - Les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord française (Maroc, Algérie, Tunisie, Sahara).- *Mém. Soc. Sc. Nat., Maroc*, I, 2: 217 pp.

Pellegrin J., (1939). - Les barbeaux de l'Afrique du Nord française: description d'une espèce nouvelle. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 19, 1, 1-10.

Pielou E.C., (1966). - The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13, 131–144.

Pielou E.C., (1977). - Mathematical ecology.2nd ed. John Wiley, Wiley-Interscience, Toronto, 385 p.

Poncin P., Mélard c. & Philippart J.c., (1987). - Utilisation de la température et de la photopériode pour contrôler la maturation sexuelle en captivité de trois espèces de poissons cyprinidés européens: *barbus barbus* (1.), *Leuciscus cephalus* (L.) et *Tinca tinca* (1.) – Résultats préliminaires. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 304, 1-12.

Playfair H.M. & Letourneux M., (1871). - Memoir on the hydrogeographical system and the freshwater fish of Algeria. *Ann mag nat Hist* 8(4):373– 394.

Poizat G., (1993).- Echelle d'observation et variabilité des abondances de juvéniles de poissons dans un secteur aval du Rhône; thèse de doctorat; Université Claude Bernard LYON 1.

Q

Quezel P. & Santa S., (1962-1963).- Nouvelles flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I et II. Edition du centre national de la recherche scientifique 15, quai Anatole-France – Paris 7^e. 1165p.

R

Ramade P., (1981). - Ecologie des ressources naturelles. *Masson, Paris*, 322 p.

Reggam A., Bouchelaghem H. & Houhamdi M., (2015).- Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (5) (2015) 1417-1425.

Ricker W. E., (1971). – Methods for assessments of fish production in fresh waters. *Blackwell Sc. Public., Oxford*, 348 pp.

Rodier J., (1996). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, *Dénod, Paris*, 1383 p.

S

Seltzer P., (1946).- Le Climat de l'Algérie, Institut de Météorologie et de Physique du Globe, 1 vol., 219 p. *Carbonel Alger*.

Seurat L.G., (1922). - Faunes des eaux continentales de la Berbérie. *Bull.Soc.niai.Nul.de l'Afrique du Nord.T.i3. Severn Valley Field Club », Shrewsbury*, pp. 1-36.

Seurat L.G., (1930). - Les connaissances actuelles sur les poissons culicivores. *Bull. Stn.Aquic. Pêche Castiglione*, 1: 55-73.

Seurat L.G., (1941). - Le Cyprinodon rubana et les poissons culicivores de la Tunisie. *Arch.Inst. Pasteur Tunis.* 30, 245-265.

Shannon C. E. & Weaver W., (1963).- The mathematical theory of ommunications, *Univ. Illinois, Urbana*, 117 pp.

Simpson E. H., (1949).- Measurement of diversity, *Nature*, 163, 688–688, *doi:10.1038/163688a0*.

Stéphane G., (1972).- Histoire ancienne de l'Afrique du nord, T.1. *Les Conditions du développement historique, les temps primitifs /182 p.*

T

Thevenin J., (1939).- Empoisonnement des grands barrages – réservoirs d'Algérie : introduction de truite arc en ciel (*Salmo irideus Gibbous*) dans les lacs du Ghrib et de Oued Fodda. *Station d'aquaculture et de pêche castiglione, facsicule 2 : 11-69.*

Tomas F., (1977).- Annaba et sa région: organisation de l'espace dans l'extrême-Est algérien – 720 P. *Imprimerie P. Guichard - Saint-Etienne 1977.*

Touchart L. & Clave Y., (2009).- La répartition des populations piscicoles en Creuse (Limousin), l'apport géographique des pêches électriques en tête de bassin. *Norois*, 211 : 23-36.

Tramer E. J. & Rogers P. M., (1973).- Diversity and longitudinal zonation in fish populations of two streams entering a metropolitan area. *American Midland Naturalist*, 90(2): 366-374.

Tsigenopoulos C.S., (1999).- Phylogéographie du genre *Barbus* (Téléostéens, Cyprinidae) dans les régions péri-méditerranéennes. Reconstitution des grandes lignées de migration au moyen des marqueurs nucléaires et mitochondriaux. *Thèse de Doctorat. 190!p. Univ. Montpellier II.*

Tukey J. W., (1977).- Exploratory Data Analysis. Reading, MA, Addison -Wesley.

Türkmen G. & Kazanci, N., (2010). - Applications of various biodiversity indices to benthic macroinvertebrate assemblages in streams of a national park in Turkey, *Review of Hydrobiology*, 3, p111-125, 2010.

V

Verneaux J., (1981). - Les poissons et la qualité des cours d'eau. *Annales Univ. Fr. Comté Biol : An 4 (2) ; p 33-41.*

W

Werner E.E., Gilliam J.F., (1984).- The ontogenetic niche and species interactions in size structured populations; *Ann. Rev. Ecol. Syst.*; 15; 393-425.

Williams W.D., (1987). - Salinization of rivers and streams: An important environmental hazard. *Ambio* 16: 181-185.

Z

Zouakh D.E., Bouhaddad R., Moula M & Cherbi M., (2004).- Ichtyofaune, macrofaune benthique et peuplement zooplanctonique des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili. *Bull. Soc. Zool.Fr.* 103: 55-80.

Zouakh D.E., Chebel, F., Bouaziz A. Kara M.H., (2016).- Reproduction, age and growth of *Tilapia zillii* (Cichlidae) in Oued Righ wetland (southeast Algeria). *Cybium*, 40(3): 235-243.

WEBOGRAPHIE

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP). 2011. Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. En ligne: http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/annexes.htm#conductivite. Consulté le 15 novembre 2015.
- www.cons-dev.org/GVS/fiche GVS / Guide des Vertébrés du Sahara / Fiches spécifiques
- www.cloffa.ird.fr/ Checklist of the Freshwater Fishes of Africa (CLOFFA).



ANNEXES

Annexe 1. Températures mensuelles à la station de S. Ahras (Années 2004 -2013)

| Mois | T (max.) | T (mini.) | T (Moy.) |
|-------|----------|-----------|----------|
| Jan. | 11,50 | 3,77 | 7,32 |
| Fev. | 11,58 | 3,35 | 7,09 |
| Mar. | 15,51 | 5,86 | 10,26 |
| Avr. | 18,82 | 8,55 | 13,29 |
| Mai | 23,01 | 11,47 | 17,04 |
| Jui. | 28,69 | 15,66 | 22,10 |
| Juil. | 33,25 | 19,33 | 26,14 |
| Aou. | 33,21 | 19,24 | 25,60 |
| Sept. | 27,80 | 15,96 | 21,06 |
| Oct. | 23,94 | 12,98 | 17,72 |
| Nov. | 16,69 | 8,12 | 11,84 |
| Déc. | 12,29 | 4,93 | 8,21 |

Annexe 2. Températures mensuelles à la station de Guelma (Années 1994-2014)

| Mois | T (max.) | T (mini.) | T (Moy.) |
|-------|----------|-----------|----------|
| Jan. | 15,90 | 4,96 | 9,82 |
| Fev. | 16,50 | 4,59 | 10,05 |
| Mar. | 19,61 | 6,55 | 12,46 |
| Avr. | 22,16 | 8,31 | 15,02 |
| Mai | 27,14 | 11,81 | 19,42 |
| Jui. | 32,09 | 15,75 | 24,07 |
| Juil. | 36,26 | 18,46 | 27,18 |
| Aou. | 36,48 | 19,59 | 27,47 |
| Sept. | 31,47 | 17,35 | 23,65 |
| Oct. | 27,45 | 13,84 | 19,60 |
| Nov. | 21,20 | 9,44 | 14,61 |
| Déc. | 16,93 | 6,24 | 10,98 |

Annexe 3. Températures mensuelles à la station d'Annaba (Années 2004 -2013)

| Mois | T (max.) | T (mini.) | T (Moy.) |
|-------|----------|-----------|----------|
| Jan. | 16,25 | 7,07 | 11,00 |
| Fev. | 16,28 | 6,56 | 10,84 |
| Mar. | 18,61 | 8,16 | 12,90 |
| Avr. | 21,21 | 10,66 | 15,57 |
| Mai | 24,53 | 13,05 | 18,53 |
| Jui. | 28,03 | 16,16 | 22,09 |
| Juil. | 31,17 | 19,38 | 25,29 |
| Aou. | 31,58 | 19,75 | 25,53 |
| Sept. | 29,02 | 18,09 | 23,06 |
| Oct. | 26,62 | 15,25 | 20,18 |
| Nov. | 21,46 | 11,04 | 15,34 |
| Déc. | 17,46 | 8,13 | 12,13 |

Annexe 4. Précipitation totale mensuelle à la station de S. Ahras (Années 2004 -2013)

| Années | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juil. | A. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|-------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 2004 | 179,3 | 12,1 | 67,9 | 38,0 | 115,2 | 74,8 | 0,0 | 20,2 | 57,7 | 23,5 | 149,9 | 194,5 |
| 2005 | 98,9 | 122,3 | 58,6 | 76,3 | 8,0 | 22,4 | 12,8 | 12,6 | 16,1 | 14,5 | 21,2 | 152,6 |
| 2006 | 165,3 | 82,3 | 50,6 | 31,8 | 38,2 | 2,6 | 13,1 | 18,1 | 30,5 | 50,3 | 51,9 | 128,1 |
| 2007 | 49,1 | 78,7 | 199,0 | 55,0 | 47,6 | 48,1 | 0,2 | 6,7 | 26,0 | 103,9 | 57,6 | 111,8 |
| 2008 | 29,5 | 10,6 | 128,1 | 69,4 | 76,8 | 25,7 | 16,1 | 7,1 | 66,8 | 43,3 | 66,5 | 110,4 |
| 2009 | 190,9 | 151,2 | 93,5 | 244,4 | 87,9 | 0,0 | 4,4 | 31,2 | 110,5 | 108,0 | 48,5 | 109,9 |
| 2010 | 158,3 | 47,9 | 63,7 | 68,2 | 81,3 | 38,3 | 0,1 | 18,0 | 35,3 | 97,9 | 159,3 | 71,3 |
| 2011 | 120,3 | 253,6 | 142,7 | 110,3 | 9,9 | 1,5 | 3,0 | 10,2 | 58,0 | 53,4 | 32,2 | 72,2 |
| 2012 | 73,9 | 232,9 | 63,3 | 109,4 | 145,9 | 16,5 | 6,6 | 11,2 | 17,7 | 124,6 | 46,7 | 198,2 |
| 2013 | 160,4 | 172,3 | 70,8 | 79,5 | 27,3 | 0,5 | 10,4 | 61,2 | 12,5 | 35,2 | 255,4 | 54,8 |
| Moy. | 122,59 | 116,39 | 93,82 | 88,23 | 63,81 | 23,04 | 6,67 | 19,65 | 43,11 | 65,46 | 88,92 | 120,38 |

Annexe 5. Précipitation totale mensuelle à la station de Guelma (Années 1994 -2014)

| Années | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juill. | Aou. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1994 | 71,7 | 89,1 | 6,2 | 74,1 | 10,8 | 3,2 | 1,8 | 11,0 | 51,4 | 45,5 | 34,6 | 58,6 |
| 1995 | 196,5 | 7,6 | 97,1 | 41,3 | 5,3 | 27,6 | 0,1 | 6,8 | 76,3 | 35,0 | 50,7 | 34,9 |
| 1996 | 126,8 | 212,1 | 61,3 | 137,9 | 76,1 | 9,0 | 12,3 | 6,5 | 14,7 | 18,1 | 23,7 | 36,3 |
| 1997 | 66,5 | 22,3 | 33,5 | 53,3 | 6,4 | 16,4 | 0,1 | 9,4 | 79,7 | 117,1 | 112,6 | 103,1 |
| 1998 | 48,0 | 62,0 | 31,1 | 56,1 | 77,9 | 2,4 | 0,3 | 46,3 | 98,2 | 35,8 | 190,1 | 43,4 |
| 1999 | 73,5 | 58,9 | 109,7 | 39,8 | 40,8 | 10,1 | 2,6 | 1,0 | 45,4 | 8,0 | 98,3 | 108,0 |
| 2000 | 42,4 | 21,1 | 15,5 | 34,6 | 139,3 | 15,2 | 0,0 | 19,5 | 16,5 | 47,0 | 16,4 | 37,8 |
| 2001 | 144,6 | 58,4 | 26,4 | 59,4 | 57,4 | 2,2 | 0,0 | 6,2 | 55,7 | 10,4 | 39,0 | 23,4 |
| 2002 | 31,6 | 66,4 | 15,3 | 32,3 | 12,4 | 3,6 | 10,2 | 45,9 | 27,9 | 30,2 | 120,2 | 108,2 |
| 2003 | 238,3 | 104,6 | 19,9 | 187,6 | 41,9 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 72,0 | 48,6 | 25,1 | 200,3 |
| 2004 | 86,8 | 9,7 | 71,1 | 82,6 | 88,2 | 93,3 | 0,1 | 4,1 | 41,6 | 20,3 | 177,1 | 129,9 |
| 2005 | 69,8 | 97,5 | 64,3 | 85,7 | 5,3 | 19,4 | 3,0 | 5,3 | 11,0 | 17,4 | 17,1 | 145,2 |
| 2006 | 140,1 | 76,7 | 42,7 | 14,2 | 43,0 | 1,3 | 4,5 | 12,6 | 12,3 | 12,8 | 28,6 | 89,5 |
| 2007 | 33,5 | 43,7 | 215,9 | 94,3 | 17,4 | 28,3 | 3,5 | 0,8 | 63,9 | 84,2 | 64,7 | 72,7 |
| 2008 | 160,4 | 11,5 | 91,8 | 22,3 | 53,5 | 14,8 | 5,9 | 4,3 | 29,5 | 25,4 | 70,5 | 35,7 |
| 2009 | 160,4 | 67,1 | 98,0 | 134,2 | 88,9 | 3,0 | 7,9 | 49,3 | 140,3 | 58,7 | 23,6 | 62,6 |
| 2010 | 102,6 | 27,1 | 60,7 | 46,4 | 53,5 | 23,5 | 0,8 | 10,0 | 23,4 | 69,8 | 147,9 | 48,4 |
| 2011 | 30,3 | 148,5 | 78,6 | 42,1 | 62,0 | 29,5 | 1,2 | 1,3 | 18,6 | 67,0 | 40,5 | 80,1 |
| 2012 | 62,5 | 141,4 | 89,0 | 51,6 | 4,7 | 1,8 | 1,3 | 25,1 | 65,3 | 38,7 | 34,9 | 34,3 |
| 2013 | 90,7 | 107,9 | 64,9 | 42,0 | 14,5 | 1,2 | 6,2 | 54,8 | 54,1 | 34,2 | 122,6 | 37,5 |
| 2014 | 56,5 | 48,4 | 139,5 | 4,4 | 37,0 | 12,7 | 0,5 | 1,7 | 7,1 | 29,3 | 14,9 | 159,7 |
| Moy. | 96,83 | 70,57 | 68,21 | 63,63 | 44,59 | 15,17 | 2,97 | 15,34 | 47,85 | 40,64 | 69,20 | 78,55 |

Annexe 6. Précipitation totale mensuelle à la station d'Annaba (Années 2004 -2013)

| Années | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juill. | Aou. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 2004 | 109,4 | 22,5 | 69,3 | 94,6 | 56,5 | 32,3 | 2,8 | 3,2 | 70,0 | 20,8 | Mq | 185,0 |
| 2005 | 135,9 | 178,4 | 61,0 | 123,2 | 10,0 | 3,4 | 1,1 | 7,1 | 29,3 | 15,1 | 55,1 | 184,0 |
| 2006 | 131,2 | 72,6 | 45,0 | 15,3 | 26,1 | 7,6 | 1,5 | 29,9 | 17,4 | 35,7 | 61,1 | 142,1 |
| 2007 | 34,7 | 51,4 | 203,7 | 28,4 | 17,4 | 52,2 | 2,5 | 3,0 | 33,1 | 103,0 | 84,5 | 125,0 |
| 2008 | 13,7 | 16,5 | 98,5 | 16,3 | 41,9 | 2,4 | 3,4 | 0,2 | 65,6 | 48,8 | 39,5 | 87,3 |
| 2009 | 217,0 | 84,0 | 91,2 | 128,0 | 89,7 | 0,2 | 2,2 | 6,6 | 119,8 | 53,4 | 72,4 | 166,6 |
| 2010 | 90,3 | 53,9 | 60,0 | 33,0 | 40,6 | 19,3 | 0,0 | 1,1 | 27,0 | 204,4 | 127,2 | 40,7 |
| 2011 | 51,4 | 112,0 | 84,7 | 56,5 | 57,4 | 6,9 | 3,5 | 0,0 | 36,9 | 108,6 | 57,4 | 85,0 |
| 2012 | 34,9 | 172,4 | 50,6 | 49,8 | 3,3 | 0,6 | 1,0 | 11,0 | 42,0 | 65,0 | 35,6 | 69,9 |
| 2013 | 115,8 | 125,2 | 55,4 | 46,3 | 16,3 | 0,1 | 0,5 | 31,6 | 35,4 | 19,6 | 217,8 | 39,0 |
| Moy. | 93,43 | 88,89 | 81,94 | 59,14 | 35,92 | 12,50 | 1,85 | 9,37 | 47,65 | 67,44 | 83,40 | 112,46 |

Annexe 7. Données climatiques (Précipitations et Températures) à la station de S. Ahras (Années 2003 -2013)

| Mois | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juill. | Aou. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Précipitations en (mm) | 122,59 | 116,39 | 93,82 | 88,23 | 63,81 | 23,04 | 6,67 | 19,65 | 43,11 | 65,46 | 88,92 | 120,38 |
| Températures en °C | 7,32 | 7,09 | 10,26 | 13,29 | 17,04 | 22,10 | 26,14 | 25,60 | 21,06 | 17,72 | 11,84 | 8,21 |

Annexe 8. Données climatiques (Précipitations et Températures) à la station de Guelma (Années 1994-2014)

| Mois | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juill. | Aou. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Précipitations en (mm) | 99,28 | 69,77 | 64,64 | 66,59 | 44,97 | 15,29 | 3,09 | 16,02 | 49,89 | 41,21 | 71,91 | 74,50 |
| Températures en °C | 9,82 | 10,05 | 12,46 | 15,02 | 19,42 | 24,07 | 27,18 | 27,47 | 23,65 | 19,60 | 14,61 | 10,98 |

Annexe 9. Données climatiques (Précipitations et Températures) à la station d'Annaba (Années 2003-2013)

| Mois | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juill. | Aou. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Précipitations en (mm) | 93,43 | 88,89 | 81,94 | 59,14 | 35,92 | 12,50 | 1,85 | 9,37 | 47,65 | 67,44 | 83,40 | 112,46 |
| Températures en °C | 11,00 | 10,84 | 12,90 | 15,57 | 18,53 | 22,09 | 25,29 | 25,53 | 23,06 | 20,18 | 15,34 | 12,13 |

Annexe 10. Humidité relative atmosphérique mensuelle des sites d'étude (2004-2013)

| Mois | HR (%) S. Ahras | HR (%) Guelma | HR (%) Annaba |
|---------|-----------------|---------------|---------------|
| Jan. | 80,60 | 78,69 | 81,14 |
| Fev. | 79,18 | 75,56 | 80,25 |
| Mar. | 76,00 | 75,24 | 80,43 |
| Avr. | 74,22 | 73,70 | 80,30 |
| Mai | 69,90 | 69,54 | 78,38 |
| Jui. | 60,81 | 61,55 | 75,71 |
| Juill. | 53,25 | 56,57 | 74,68 |
| Aou. | 55,58 | 58,48 | 74,46 |
| Sept. | 67,18 | 68,14 | 76,98 |
| Oct. | 69,82 | 70,76 | 78,47 |
| Nov. | 76,51 | 74,14 | 78,22 |
| Déc. | 80,83 | 77,16 | 80,64 |
| Moyenne | 70,32 | 69,96 | 78,30 |

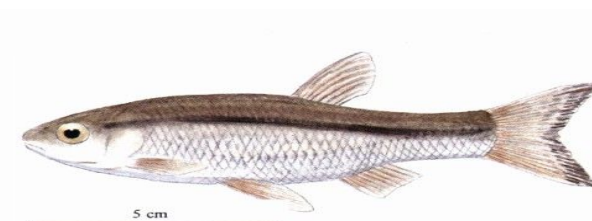


Annexe 11. Barbeau *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842)

Noms vernaculaires : Ar – Boulbis; Fr- Barbeau de Calle

Classification

| | |
|---------------|----------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embr. | Vertebrata |
| Super-classe | Osteichthyes |
| Classe | Actinopterygii |
| Sous-classe | Neopterygii |
| Infra-classe | Teleostei |
| Super-ordre | Ostariophysii |
| Ordre | Cypriniformes |
| Famille | Cyprinidae |
| Genre | <i>Barbus</i> |

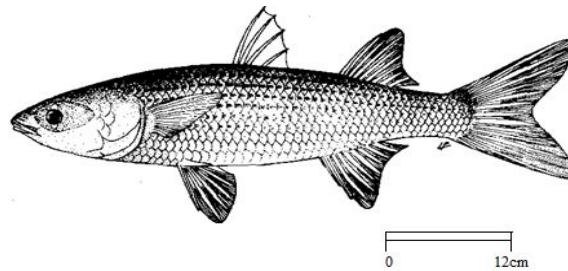


Annexe 12. Able de Chaignon *Pseudophoxinus callensis* (Guichenot, 1850)

Noms vernaculaires :

Classification

| | |
|---------------|-----------------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embr. | Vertebrata |
| Super-classe | Osteichthyes |
| Classe | Actinopterygii |
| Sous-classe | Neopterygii |
| Infra-classe | Teleostei |
| Super-ordre | Ostariophysii |
| Ordre | Cypriniformes |
| Famille | Cyprinidae |
| Genre | <i>Pseudophoxinus</i> |

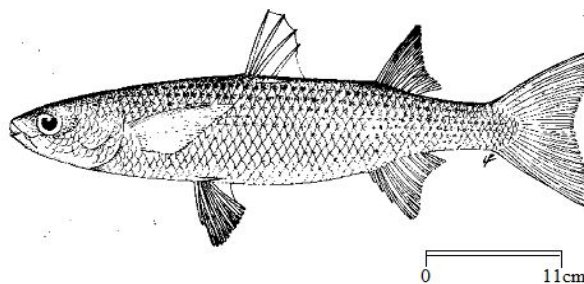


Annexe 13. Mulet à grosse tête *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758)

Noms vernaculaires : FAO: **An** - Flathead grey mullet; **Es** - Pardete; **Fr** - Bar européen ; Mulet à grosse tête

Classification

| | |
|---------------|-----------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embr. | Vertebrata |
| Super-classe | Osteichthyes |
| Classe | Actinopterygii |
| Sous-classe | Neopterygii |
| Infra-classe | Teleostei |
| Super-ordre | Acanthopterygii |
| Ordre | Mugiliformes |
| Famille | Mugilidae |
| Genre | <i>Mugil</i> |



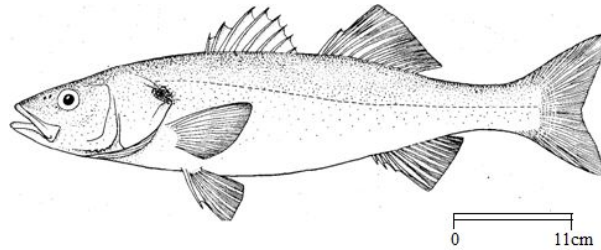
Annexe 14. Mulet doré *Mugil auratus* (Risso, 1810)

Noms vernaculaires : FAO: **An** - Golden grey mullet; **Es** - Galupe; **Fr** - Mulet doré ; tache jaune.

Classification

| | |
|---------------|----------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embr. | Vertebrata |
| Super-classe | Osteichthyes |
| Classe | Actinopterygii |
| Sous-classe | Neopterygii |

| | |
|--------------|-----------------|
| Infra-classe | Teleostei |
| Super-ordre | Acanthopterygii |
| Ordre | Mugiliformes |
| Famille | Mugilidae |
| Genre | <i>Mugil</i> |

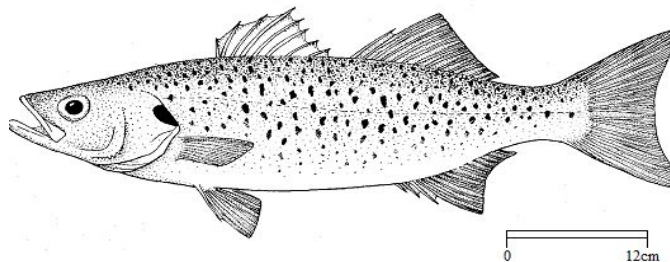


Annexe 15. Bar européen *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)

Noms vernaculaires : FAO: **An** - European seabass; **Es** - Lubina; **Fr** - Bar européen

Classification

| | |
|---------------|----------------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embr. | Vertebrata |
| Super-classe | Osteichthyes |
| Classe | Actinopterygii |
| Sous-classe | Neopterygii |
| Infra-classe | Teleostei |
| Super-ordre | Acanthopterygii |
| Ordre | Perciformes |
| Famille | Moronidae |
| Genre | <i>Dicentrarchus</i> |

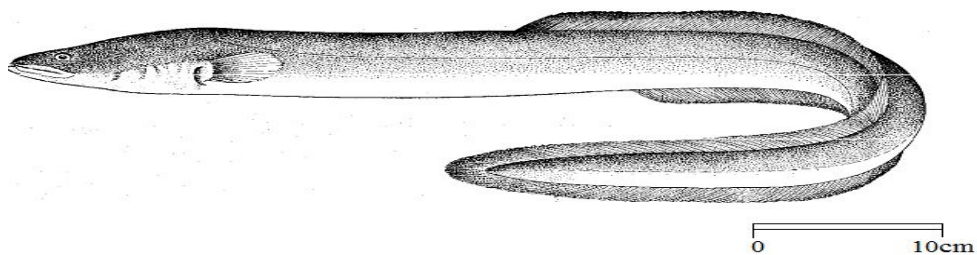


Annexe 16. Bar moucheté *Dicentrarchus punctatus* (Bloch, 1792)

Noms vernaculaires : FAO: **An** - Spotted sea bass; **Es** - Baila; **Fr** - Bar moucheté.

Classification

| | |
|---------------|----------------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embr. | Vertebrata |
| Super-classe | Osteichthyes |
| Classe | Actinopterygii |
| Sous-classe | Neopterygii |
| Infra-classe | Teleostei |
| Super-ordre | Acanthopterygii |
| Ordre | Perciformes |
| Famille | Moronidae |
| Genre | <i>Dicentrarchus</i> |



Annexe 17. Anguille d'Europe *Anguilla anguilla* (Linnaeus 1758)

Noms vernaculaires : FAO : **An** - European eel; **Es** - Anguila europea; **Fr** – Anguille d'Europe.

Classification

| | |
|---------------|-----------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chordata |
| Sous-embr. | Vertebrata |
| Super-classe | Osteichthyes |
| Classe | Actinopterygii |
| Sous-classe | Neopterygii |
| Infra-classe | Teleostei |
| Super-ordre | Elopomorpha |
| Ordre | Anguilliformes |
| Famille | Anguillidae |
| Genre | <i>Anguilla</i> |

Résumé

Cette étude a pour objectif principal de pallier au manque crucial de travaux sur la faune ichthyologique autochtone et allochtone des eaux continentales d'Algérie, notamment dans les cours d'eau de la région Nord-est. Le présent travail traite de l'impact de la qualité des eaux du réseau hydrographique de la Seybouse sur la répartition du peuplement ichthyologique. Sur une période de 4 ans (2011-2014), nous avons apprécié la qualité physico-chimique à travers 20 paramètres et rechercher leurs impacts sur la répartition des espèces de poissons inféodées à cet écosystème aquatique. Divers indices écologiques ont été déterminées pour mieux comprendre l'organisation et la structuration du peuplement ichthyologique de la Seybouse avec un intérêt particulier pour l'espèce *B. callensis* qui s'est avérée la plus abondante. L'échantillonnage réalisé au moyen de 2 engins de pêche destructifs (filet trémail et pêche électrique) s'est effectué au niveau de 3 sites bien distincts: le Moulin Rochefort (SI), site moyennement urbanisé avec un écosystème productif et menacé, le Taya (SII), site remarquable pour sa biodiversité et sa qualité paysagère, et, Sidi Salem (SIII), site fortement anthropisé. Un total de 608 individus, rattachés à 7 espèces ont été identifiées (*B. callensis*, *M. cephalus*, *M. auratus*, *Pseudophoxinus callensis*, *D. labrax*, *D. punctatus*, *A. anguilla*), dont 2 sont considérées en situation précaire en Algérie (*P. callensis* et *A. anguilla*). Il est important de signaler que dans l'ensemble des stations échantillonnées, le barbeau *B. callensis* domine nettement dans les prises globales (73%) et sa présence est considérée d'ailleurs constante comparée aux autres espèces qui sont accidentelles sur la totalité des réseaux hydrographiques de l'aire d'étude. L'utilisation de divers tests statistiques a permis de mettre en évidence, d'une part une étroite corrélation entre les différents descripteurs environnementaux étudiés, et d'autre part, une hétérogénéité de la population de *B. callensis* dans les 3 sites échantillonnés, Une corrélation significative entre la distribution des espèces et les variables physico-chimiques et environnementales a été également observée. Le niveau de perturbation de l'écosystème étudié à partir de l'analyse en composantes principales (ACP) a montré que la zone avale (SIII) du bassin et sa proximité de l'embouchure sont les plus stressées. L'étendue des tailles sous Box plot de *B. callensis* au site III calculée pour apprécier l'embonpoint des poissons montre que le milieu est fortement perturbé.

Mots-clés : Anthropisation, Ichtyodiversité, Seybouse, Algérie, Méditerranée

Abstract

The main objective of this study is to overcome the crucial lack of work on autochthonous and allochthonous fish fauna of the Algerian inland waters, particularly in the rivers of the Northeast region. This paper deals with the impact of the water quality of the Seybouse river system on the distribution of the fish population. Over a period of 4 years (2011-2014), we assessed the physicochemical quality through 20 parameters and investigated their impact on the distribution of the species of fish subsumed under this aquatic ecosystem. Various ecological indices have been determined to better understand the organization and structuring of the Seybouse fish population with particular interest for the species *B. callensis* which proved to be the most abundant. The sampling using 2 destructive fishing gear (trawl net and electric fishing) was carried out at 3 distinct sites: Moulin Rochefort (SI), a moderately urbanized site with a productive and threatened ecosystem, Taya (SII), a remarkable site for its biodiversity and its landscape quality, and Sidi Salem (SIII), a highly anthropized site. A total of 608 individuals related to 7 species were identified (*B. callensis*, *M. cephalus*, *M. auratus*, *Pseudophoxinus callensis*, *D. labrax*, *D. punctatus*, *A. anguilla*), 2 of which are considered to be in a precarious situation in Algeria (*P. callensis* and *A. anguilla*). It is important to note that in all the stations sampled, barbel *B. callensis* dominates clearly in the overall catch (73%) and its presence is considered constant compared to other species that are accidental on all the networks Hydrographic areas of the study area. The use of various statistical tests made it possible to demonstrate, on the one hand, a close correlation between the different environmental descriptors studied and on the other hand, a heterogeneity of the *B. callensis* population in the 3 sites sampled. Significant correlation between species distribution and physico-chemical and environmental variables was also observed. The level of disturbance of the ecosystem studied from the Principal Component Analysis (PCA) showed that the downstream zone (SIII) of the basin and its proximity to the mouth are the most stressed. The size of *B. callensis* Box plot sizes at site III calculated to assess fish overweight shows that the medium is highly disturbed.

Keywords: Anthropization, Ichthyodiversity, Seybouse, Algeria, Mediterranean.

المقاربة المكانية والزمنية للثروة الحيوانية السمكية في حوض سييوس شمال شرق الجزائر

ملخص :

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تخفيف النقص الحاد حول الدراسات التي تهتم بالثروة السمكية المحلية الأصيلة فضلا عن الأنواع الغريبة في المياه الداخلية الجزائرية ، لاسيما في أنهار المنطقة الشالية الشرقية. يتناول هذا العمل تأثير نوعية الشبكة المائية للمصب النهري سييوس على توزيع الكائنات السمكية على مدى 4 سنوات (2011-2014)، حيث تم تقييم النوعية الفيزيائية و الكيمائية لمجموع مياه المصب النهري من خلال دراسة 20 متغيرا بيئيا وبحث تأثيرها على توزيع و هيكله أنواع الأسماك التي تعتمد على هذا النظام البيئي المائي. تم تحديد مؤشرات بيئية مختلفة لفهم أفضل مع إيلاء اهتمام خاص لأنواع معينة ذات وضع خاص أو أهمية إقليمية مثل سمك البني (*B. callensis*) النوع الأكثر وفرة. أخذت العينات بواسطة اثنين من معدات الصيد المدمرة (الشباك لخيوشومية المثلثة و الصعق الكهربائي electrofishing) في ثلاث محطات مختلفة موزعة على طول الحوض : Moulin Rochefort (SI)، موقع متوسط الكثافة السكانية مع نظام بيئي منتج ومحدد بيئيا، Taya (SII) وهو موقع رائع للحصول على جودة التنوع البيولوجي والمناظر الطبيعية، و Sidi Salem (SIII) ، محطة ذات كثافة سكانية عالية و نسيج صناعي متنوع . خلال هذه الفترة تمت دراسة ما مجموعه 608 عينة سمكية تتضمن 7 أنواع هي :

(سمك البني *B. callensis*، بوري الرأس المفلطح *M. cephalus*، الميلا *M. auratus*، *Pseudophoxinus*، القاروس الزينابة، *D. labrax*، القاروس الذهبي *D. punctatus*، *A. anguilla* ثعبان البحر الأوروبي)، ، اثنان منها تعتبر ذات وضع غير مستقر في الجزائر. و نغني بالذكر هنا سمك الزينابة (*Pseudophoxinus callensis*) و ثعبان البحر الأوروبي (*Anguilla anguilla*). تم رصد سمك *B. callensis* على مستوى كل المحطات الخاضعة لهذه الدراسة حيث يهيمن بشكل واضح في المصيد الكلي (73٪) حيث تتوفر بشكل دائم في كل العينات بالمقارنة مع الأنواع الأخرى التي هي عرضية على مستوى الشبكة المائية لمنطقة الدراسة. الاستخدام المختلف للاختبارات الإحصائية أظهر : أولا وجود ارتباط وثيق بين مختلف المواصفات البيئية المدروسة، ومن جهة أخرى لوحظ توزيع غير متجانس من عينة *B. callensis* في 3 مواقع الدراسة، وقد لوحظ أيضا ارتباط كبير بين توزيع الأنواع السمكية والمتغيرات الفيزيائية و الكيمائية البيئية. أظهر مستوى اضطراب النظام الايكولوجي الخاضع لهذه الدراسة من خلال تحليل المكونات الرئيسية (PCA) أن المنطقة الخلفية من المصب (SIII) Sidi Salem ، هي الأكثر تأثرا بهذه العوامل. كما أظهرت دراسة مقارنة لنطاق الأطوال السمكية بتطبيق (Box plot) لنوع سمك البني (*B. callensis*) أن منطقة محطة أخذ العينات (SIII) تتميز بأنها الأكثر تلوثا واضطرابا.

الكلمات المفتاحية : الأنشطة البشرية ، التنوع السمكي ، سييوس ، الجزائر، البحر الأبيض المتوسط.

Bio-indicator Potential in barbel *barbus callensis* (valenciennes, 1842) of the Seybouse basin (North- eastern, Algeria)]

H. Bouchelaghem^{1*}, F. Derbal², A. Reggam³, E. Mahmoudi⁴

1. Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides ; Université 8 mai 1945-Guelma, BP. 401, Algérie

2. Laboratoire bioressources marines, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. [mfderbal@yahoo.fr]

3. Laboratoire de recherche, Biologie, Eau et Environnement ; Université 8 mai 1945-Guelma, BP. 401, Algérie. [asma24049@gmail.com]

4. Environmental Biomonitoring Laboratory, Science University of Bizerta, Zarzouna 7021 Bizerta, Tunisia. [ezzeddine.mahmoudi@laposte.net]

Received 10 Jul 2016,
Revised 12 Oct 2016,
Accepted 16 Oct 2016

Keywords

- ✓ *Barbus callensis*,
- ✓ Seybouse basin,
- ✓ Bioindicator,
- ✓ Algeria.

bouchelaghem_h@outlook.fr

(H. Bouchelaghem);

Phone: +213669450429

Abstract

This work, carried on a four-year cycle (2011-2014) on habitats of different scales in the altitudinal Seybouse basin, aims to assess the bio-indicator potential in barbel (*Barbus callensis*, Valenciennes, 1842), rhéophile and endemic species, subservient to the running waters of the North African side. It attempts to examine the possible relationship between this species supposedly robust and its immediate environment at different scales in the altitudinal Seybouse basin. In this regard, a study was conducted on 21 selected physico-chemical parameters of 144 water samples, and 5 removed morphometric parameters on an overall sample of 443 specimens caught, from three stations belonging to three shorted sectors, although individualized by their physiographic and under anthropogenic pressures of different intensities. The results of the analysis of the collected data, confirmed through PCA, allowed us to identify a succession of two areas from upstream to downstream on the river system very clearly displaying a spatial segregation between size classes fish habitat (i) an upstream part on the tributaries formed by individuals with relatively good growth performance, which is characterized by low pollution and (ii) a downstream zone on the mainstream, formed by individuals of smaller size classes quite variable according to the habitat, which is characterized by a heavy pollution. The adult individuals are less resilient and prefer living waters and well oxygenated upstream and in the middle of the basin, not finding a suitable environment downstream, they were replaced by individuals of smaller size, less demanding and prefer relatively calmer waters.

1. Introduction

With a catchment area of approximately 6471 km², Wadi Seybouse represents one of the most important rivers in Algeria [1]. In this watershed there are intense agricultural activities (cereals and market gardening) and industrial activities (more than 70 factories, the most important of them are in the vicinity of the maritime Seybouse) [2]. Its hydrographic network, made up of five dams, is home to an indigenous ichthyofauna (*Pseudophoxinus punicus*, *Anguilla anguilla*, *Barbus callensis*) [3] and Allochthonous (*Cyprinus carpio* and *Carassius carassius*) [4].

In Algeria, works on the systematic, biology and spatial distribution of continental fish populations is very old [5-12].

Over the past two decades, interest in the ecobiology of ichthyological stands of artificial and natural waterbodies has increased further due to commercial exploitation of this fishery resource in some localities in the country [13-16, 4, 17].

On the entire Seybouse basin, the riparian population exercises throughout the year an artisanal and sport fishing. In this ecosystem, Cyprinidae *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842), an indigenous and endemic species, is found in abundance throughout the North African continental hydrographic network, and represents the main [7]. In addition, this species of high heritage value is listed on the IUCN (International Union for Conservation of Nature) Red List as a "minor concern" [18].

Because of its importance, The Seybouse has been the subject of several studies, both hydrological and morphodynamic [19, 20], hydrochemical [21-24] and ecological [25, 26].

The present work attempts to analyze the response of *B. callensis* subjected to various anthropogenic pressures (agricultural, domestic and industrial activities) on the scale of the Seybouse basin. The main objective is to assess the bioindicator potential of this species with a view to establishing an inventory in each river basin district and to identify the main anthropogenic pressures. However, the spatial dynamics of fish populations is an all the more relevant indicator of the overall quality of watercourses downstream of the trophic chain [27].

Apart from some brief investigations on the subject [28-30], Very little work is available on the response of fish populations to environmental pressures in response to an increasing demand from managers who often have to act in an increasingly harsh regulatory context [31].

Our study is in line with this problem and attempts to examine more precisely the relations between the barbel *B. callensis* population and its immediate environment at different altitudinal scales of the Seybouse basin.

2. Materials and Methods

2.1. Study environment

The study area in the Wadi Seybouse basin (area: 6471 km², length: 240 km) is represented by three vast and distinct physiographic domains: The High Plains, the South Tellian and the Northern Tellian. It is the most extensive basin, after that of Medjerda, in the eastern part of North Africa [32]. The only important watercourse is the Wadi Seybouse, formed shortly before its entry into the commune of Guelma, Wadi Cherf and Wadi Bouhamdane. These two streams are main tributaries that flow into the Seybouse at the confluence upstream of the municipality of Medjez Amar.

2.2. Choice of sampling stations

Given the size of the Seybouse basin, the study was carried out at three sites representative of the three hydrogeographic regions (Figure 1) taking into account the various activities identified in the area (agro-food industries, artisanal fisheries, domestic and agricultural waste) and defined as follows: (SI) the Moulin Rochefort as a moderately urbanized site with a productive and threatened ecosystem, (SII) the Taya as a site remarkable for its biodiversity and landscape quality, it is sheltered and is close to an intense agricultural activity area, (SIII) located at the mouth of Sidi Salem as a heavily anthropized site (Subject to urban, industrial and agricultural discharges), which requires opening-up initiatives. Each observation station was subjected to a GPS point and then easily positioned on the map of the watershed.

- **Station I** (Moulin Rochefort): (36 ° 03'34.56 "N - 007 ° 26'23.23" E), remote from anthropogenic activities, the station is located upstream of the basin on the Cherf (88, 61 km), tributary left bank of the Seybouse. In this zone, the whole of the relief is quite simple in its structure. The wadis and their tributaries converge jointly towards the Moulin Rochefort. This area extends over the plains of Sedrata and Tamlouka.

- **Station II** (Taya): (36 ° 28'00.76 "N - 007 ° 08'34.83" E), average course (average Seybouse), This area is located at an altitude of 378 m, in the South- Tellian region on the Bouhamdane (37,49 km) tributary left bank of the Seybouse. The basin of the average Seybouse is enclosed between the high plains in the south and the numidic chain in the North. This sector constitutes the essential part of the basin. It is drained by the Wadi Bouhamdane which takes its source at Bordj-Sabath and the downstream part of Wadi Cherf tributary of right bank of the Seybouse which descends of Moulin Rochefort. It is a stream with a rather sloping mountain profile with granulometry dominated by blocks. This environment, which is not influenced by anthropogenic activities, is located in forested area (hardwoods); the station is located within a relatively large area of agricultural influence.

- **Station III** (Sidi Salem): (36 ° 51'38.22 "N - 007 ° 46'04.57" E), this station is located in the northern Tellian area on the downstream of the main stream of the Seybouse (134, 74 Km), about 1 km from the mouth, almost at sea level (altitude: 2 to 3 m). It includes the Seybouse maritime, the Wadi Ressoul basin, Wadi Dardar and the littoral plains zone. The Basse Seybouse presents an asymmetrical relief with a slightly mountainous zone, relatively accentuated on the left bank of the wadi Seybouse. The sampling point is located downstream, of a strong agglomeration whose accumulation of domestic, industrial and agricultural pollution is remarkable.



Figure 1: Limits of the Seybouse basin and location of sampling stations.

2.3. Sampling plan

A total of 443 individuals were captured for monthly sampling campaigns. Sampling took place in the period from 2011 to 2014. Electrical fishing gear and trammel netting were used, the specimens were harvested as a first approach to electric fishing, with net fishery only as a last resort, if the first one fails or gives incomplete results, depending on the bathymetry, temperature and conductivity of the water body of the study site. The duration of immersion of the machine extends from 3 to 4 hours. At each station, it was also envisaged to take sufficient water to be analyzed in the laboratory. The extent of the sampling station has a fluvial surface whose length corresponds at least ten times the width of the wet bed, relying on four successive passages [27].

2.4. Environmental variables

For each of the 3 stations, the following physicochemical parameters: pH, temperature (T), dissolved oxygen (OD), electrical conductivity (in the case of 197i WTW) EC, salinity (SAL) and reduction potential (Eh). Turbidity (TU), expressed directly in NTU, was estimated using a HACH 2100 N turbidimeter. The suspended materials (SM), expressed in mg/l, were obtained by differential weighing of the filter before and after filtration after drying at 105 °C. On a Millipore filtration ramp using Whatman GF/C filters of 47 µm of porosity.

The dry residue (RS) was obtained by weighing a certain volume of water evaporated at 110 °C, in a calibrated dish. In addition to the in situ measurements, different minerals and nutrients were analyzed separately in each station using water samples taken at 3 m from the bank and at an average depth of 40 cm.

The samples were placed in hermetic plastic bottles and transported to the laboratory in a cooler maintained at 4 °C for immediate processing. The physicochemical analyzes, expressed in mg/l: (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , CaCO_3 et Cl^-) With the exception of TH (^0f), were carried out in the laboratory using a multiparameter photometer (Hanna Instruments HI 83200, Romania).

2.5. Fishing techniques and biometrics

Parallel to the measurements of the physicochemical parameters, fish sampling campaigns were conducted with the same frequency on the habitats of the stations delimited for this study. Depending on the bathymetry of the station, fish trapping occurred with two distinct but complementary fishing gears. The trammel net (L = 20 m, core mesh void = 95 mm and bundle void = 165 mm) was used at depths greater than 1 m, while the portable DC voltage generator (Between 500 and 800 V) was only used in shallow waters (<0, 5 m), upstream the watercourse until the water became clear in the vicinity of the experimenter. The electric field generated around the anode is active over an area of about 1.5 to 2 m² which constitutes the so-called "attractive" or "efficient" zone. All fish in the adjacent area will react to this electrical current.

The product of each capture is transported to the laboratory in a cooler at 4 °C to be sorted and identified up to the species [33-35, 10]. For each species, we carried out the following biometric measurements:

(i) the total length (Lt) is measured from the tip of the muzzle (but excluding the barbs) to that of the caudal fin whose lobes are brought together to give a maximum value to the measure [36] ;

(ii) the fork length (Lf) is also measured from the tip of the muzzle to the median notch and;

(iii) the standard length (Ls) measured from the tip of the muzzle to the tip of the hypural bone, or the fleshy part of the caudal peduncle, that is to say, excluding the caudal fin.

Once the measurements have been taken, the fish are then weighed (total weight: Wt and eviscerated: We) using a Sartorius electronic scale (accuracy: $\pm 0,01g$). Only the species *B. callensis* was considered in this study.

2.6. Statistical analysis

In order to characterize the adaptive strategy of the *B. callensis* population to environmental conditions, a Principal Component Analysis (PCA) was performed. The intermediate correlation matrices, the correlation coefficients between the variables and the two axes F1 and F2 and the projection of the variables in the space of the axes F1 and F2 were also obtained using the statistical analysis and processing software Statbox Of the data, version 2.5 for Windows. This method of analysis is used to understand the intensity of the relationships uniting a faunistic unit with the environmental factors [37].

Physico-chemical monitoring of the water will make it possible to establish the degree of pollution by comparing the concentrations of pollutants with quality thresholds (= environmental quality standards), according to the new grid of the system of assessment of water quality of watercourses SEQ-Water [38], which derives from the application of the European framework directive.

Finally, the comparison of the averages was carried out using the Tukey HSD test provided by the Minitab 17 software. The test was applied to a probability level of $p = 0,05$ in order to investigate any significant differences between the averages. The 5% risk we have chosen is used to determine the critical value q , which is compared to the standardized difference between the averages.

3. Results

3.1. Physico-chemical characteristics of waters

Table 1 summarizes the averages of all physico-chemical parameters measured during the study period. The mean annual temperatures recorded at the three stations (SI = 16, 55 °C, SII = 15, 60 °C, SIII = 18, 13 °C) show no significant difference ($p = 0,138$). The mean pH changed significantly from 7, 98 (SI) to 8, 86 in site III with a median value of 8.17 in station II ($p = 0,001$). The mean electrical conductivity is different between the three stations ($p = 0,000$); it is between 1151, 31 $\mu S/cm$ (SII) and 1598, 81 $\mu S/cm$ (SI). On the other hand, a value of 2623, 38 $\mu S/cm$ is recorded in station III, close to the mouth. Salinity also showed variable levels between the three stations ($p = 0,001$) with maximum downstream values of 1, 26 mg/l (SIII). On the other hand, the average haline concentrations recorded in stations I and II are of the order of 0, 47 mg/l and 0, 32 mg/l, respectively.

The average dissolved oxygen content also tends to decrease significantly from upstream to downstream, with respective values of 5,34 mg/l at sites I and II and 4,80 mg/l at site III ($p = 0,001$).

Mean SM concentrations showed no significant difference ($p = 0,053$) between the studied sites (SI = 27, 70 mg/l, SII = 27, 54 mg/l, SIII = 26, 96 mg/l), as is the case with surface water turbidity ($p = 0,251$) where the mean values recorded are 60, 30 NTU (SI), 128, 99 NTU (SII) and 43, 25 NTU (SIII), respectively.

The proportional relationship of the dry residues (DR) of this parameter with the electrical conductivity (multiplicative factor between 0, 75 and 0, 8) is possible, so this parameter is not necessary to be retained here as all Eh, K^+ and OM, in the absence of quality class thresholds.

The recorded averages of calcium carbonate ($CaCO_3$) in the three stations are generally less than 200 mg/l. They increased progressively from 165, 78 mg/l (SII) to 192, 75 mg/l (SIII) to a maximum of 213, 19 mg/l in station I ($p = 0,087$).

The hardness (TH) of the water varies significantly between the three stations ($p = 0,005$); the mean values are higher in station I (70, 60 °f) than in stations II (54, 10 °f) and III (65, 53 °f).

The mean chloride content varies significantly between the three stations ($p = 0,000$). The highest value was recorded in station III (960.40 mg / l) downstream of the basin, compared with relatively lower values in stations I (230,10 mg/l) and II (191,27 mg/l).

Mean nitrate concentrations fluctuated significantly between 27,53 mg/l and 26,95 mg/l, respectively for stations I and III to 36,79 mg/l in station II ($p = 0,805$), such as nitrite (SI = 0,90 mg/l, SII = 0,94 mg/l, SIII = 3,51 mg/l) ($p = 0,000$), of ortho-phosphates (SI = 10,86 mg/l, SII = 17,58 mg/l, SIII = 26,42 mg/l) ($p = 0,000$), ammonium (SI = 3,46 mg/l, SII = 1,32 mg/l et SIII = 3,23 mg/l) ($p = 0,000$), sulphates (SI = 77,31mg/l, SII = 94,63mg/l, SIII = 309,93mg/l) ($P = 0,000$) calcium (SI = 135,45 mg/l, SII = 72,23 mg/l SIII = 111,55 mg/l) ($p = 0,001$) and magnesium (SI = 81,78 mg/l; SII = 61,86 mg/l; SIII = 86,22 mg/l) ($p = 0,026$).

Table 1: Annual mean values of physico-chemical analyzes in the three stations surveyed during the sampling period (2011-2014)

| Settings | Unit | Symbol | S I | S II | S III | Standards |
|-------------------------|-------|-------------------------------|----------------|---------------|-----------------|------------|
| Température | °C | T | 16,55±1,10 | 15,60±1,03 | 18,93±1,26 | 20 à 25 |
| pH | pH | pH | 7,98±0,07 | 8,17±0,09 | 8,86±0,72 | 6,5 à 9,5 |
| Electrical Conductivity | µS/cm | EC | 1598,81±280,51 | 1151,31±60,30 | 2623,38±1303,32 | 180 à 3500 |
| Salinity | g/l | SAL | 0,47±0,19 | 0,32±0,04 | 1,26±0,74 | 1,00 |
| Potentiel redox | mV | Eh | -108,13±23,16 | -95,06±9,89 | -103,25±37,56 | - |
| Dissolved oxygen | mg/l | DO | 5,34±0,61 | 5,34±0,09 | 4,80±0,36 | 8 à 4 |
| Suspended matter | mg/l | SM | 27,70±0,96 | 27,54±0,40 | 26,96±1,21 | 2 à 38 |
| Turbidity | NTU | Turb | 60,30±25,14 | 128,99±142,88 | 43,25±32,51 | 1à 70 |
| Dry Residue | mg/l | DR | 716,41±158,49 | 797,45±260,98 | 1998,36±936,52 | - |
| Calcium carbonate | mg/l | CaCO ₃ | 213,19±5,52 | 165,78±3,34 | 192,75±4,31 | < 200 |
| Total Hardness | °f | TH | 70,60±0,47 | 54,10±1,00 | 65,53±2,45 | 4 à 8 |
| Chlorides | mg/l | Cl ⁻ | 230,10±37,06 | 191,27±9,07 | 960,40±412,34 | 50 à150 |
| Organic matter | mg/l | OM | 3,52±0,08 | 3,30±0,05 | 6,65±0,41 | - |
| Nitrates | mg/l | NO ₃ ⁻ | 27,53±0,66 | 36,79±1,70 | 26,95±0,86 | 2 à 25 |
| Nitrites | mg/l | NO ₂ ⁻ | 0,90±0,07 | 0,94±0,07 | 3,51±3,31 | 0,03 à 0,5 |
| Ortho phosphates | mg/l | PO ₄ ³⁻ | 10,86±15,26 | 17,58±29,12 | 26,42±43,58 | 0,1à 1 |
| Ammonia | mg/l | NH ₄ ⁺ | 3,46±0,19 | 1,32±0,09 | 3,23±0,22 | 0,1 à 2 |
| Sulphates | mg/l | SO ₄ ⁻ | 77,31±2,15 | 94,63±1,70 | 309,93±89,23 | 60 à190 |
| Calcium | mg/l | Ca ²⁺ | 135,45±1,62 | 72,23±0,87 | 111,55±6,68 | 32 à 300 |
| Magnesium | mg/l | Mg ²⁺ | 81,78±2,22 | 61,86±0,59 | 86,22±15,82 | 50 à 100 |
| Potassium | mg/l | K ⁺ | 35,38±1,25 | 53,13±0,78 | 71,56±17,26 | - |

3.2. Biometrics

A total of 443 specimens were captured. Table 2 summarizes the limit and mean metric and weight characteristics of *B. callensis* sampled at the three stations in the Seybouse Basin between 2011 and 2014. This sample is distributed a long a metric and weight gradient as follows:

- Station I: 177 individuals (387 < Lt <453 mm; 578 < We <978 g),
- Station II: 165 individuals (307 < Lt <434 mm, 296 < We <395 g) and,
- Station III: 101 individuals (176 < Lt <188 mm, 57 < We <73 g).

3.3. Statistical Comparison of Biotic and Environmental Characteristics

The results of the analysis of variance (ANOVA) using the Tukey HSD multiple comparison test of the mean metric, weight and physico-chemical values of the three physiographic domains taken in pairs are shown in Table 3. Analysis of the recorded data shows that in the three studied stations compared two to two ($p < 0,05$), the mean difference is not significant for the parameters T°, Eh, SM, Turb, NO₃⁻ and CaCO₃ but significant for the parameters pH, EC, SAL, DO, DR, NO₂⁻, SO₄⁻, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, TH, Cl⁻, K⁺, PO₄³⁻ and OM. The same is true for morphometric descriptors where the comparison of the means and variances of the biometric characters using the Tukey test, taken two by two on the samples of the three sites, shows heterogeneity of the three fractions of populations of *B Callensis*.

Table 2 : Metric (mm) and weight (g) characteristics of *Barbus callensis* in the Seybouse Basin at the three stations surveyed during the sampling period (2011-2014).

| Parameters | | SI (N = 177) | SII (N = 165) | SIII (N = 101) |
|-------------------------|------------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Total length (Lt) | Limit values | 387.83 - 453.40 | 307.93 - 334.79 | 176.80 - 188.95 |
| | Average ± S. Deviation | (412,59±28,34) | (319,22±11,50) | (183,79±05,08) |
| Fork length (Lf) | Limit values | 352,32 - 412,02 | 276,46 - 298,33 | 157,97 - 168,26 |
| | Average ± S. Deviation | (374,67±25,86) | (285,62±09,79) | (163,43±04,24) |
| Standard length (Ls) | Limit values | 325,94 - 391,51 | 254,99 - 275,00 | 145,26 - 154,06 |
| | Average ± S. Deviation | (349,35±28,94) | (263,64±8,64) | (150,11±03,64) |
| Total weight (Wt) | Limit values | 632,79 - 140,77 | 348,18 - 444,31 | 066,41 - 084,04 |
| | Average ± S. Deviation | (815,33±224,05) | (389,53±40,02) | (074,10±07,40) |
| Eviscerated weight (We) | Limit values | 578,60 - 978,12 | 296,15 - 395,05 | 057,33 - 073,15 |
| | Average ± S. Deviation | (725,53±174,80) | (334,19±42,52) | (064,09±06,61) |

Table 3: Results of the analysis of variance (ANOVA), Tukey HSD multiple comparison test of metric and physicochemical averages taken two by two, recorded in the three stations surveyed during the sampling period (2011-2014).

| Settings | S I | S II | S III | DL | Value of F | Value of p | Group | | |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|----|------------|------------|-------|------|-------|
| | | | | | | | S I | S II | S III |
| Lt | 412,59±15,06 | 319,22±18,07 | 184,77±6,66 | 2 | 263,34 | 0,000 | A | B | AB |
| Lf | 374,67±9,21 | 285,62±17,94 | 163,74±5,58 | 2 | 307,37 | 0,000 | A | B | AB |
| Ls | 349,35±12,23 | 263,64±17,38 | 150,40±5,66 | 2 | 247,07 | 0,000 | A | B | AB |
| Wt | 815,3 ±90,4 | 389,5±53,9 | 74,37±11,71 | 2 | 147,97 | 0,000 | A | B | AB |
| We | 725,5±65,6 | 334,2±57,5 | 64,30±8,94 | 2 | 172,33 | 0,000 | A | B | AB |
| T ° | 16,96±3,60 | 17,09±4,27 | 20,39±5,77 | 2 | 2,10 | 0,138 | A | A | A |
| pH | 8,08±0,21 | 8,09±0,14 | 8,53±0,44 | 2 | 9,18 | 0,001 | B | B | A |
| EC | 1531±464 | 1177±231,5 | 2644±900 | 2 | 19,56 | 0,000 | B | B | A |
| SAL | 0,49±0,11 | 0,33±0,12 | 1,29±0,47 | 2 | 38,47 | 0,001 | B | B | A |
| Eh | -94,21±31,25 | -99,44±21,36 | -90,29±28, | 2 | 0,34 | 0,717 | A | A | A |
| DO | 5,42±0,29 | 5,53±0,39 | 4,95±0,42 | 2 | 8,30 | 0,001 | A | A | B |
| SM | 30,07±12,05 | 32,18±13,73 | 19,92±12,21 | 2 | 3,21 | 0,053 | A | A | A |
| Turb | 50,1±46,2 | 72,4±90,5 | 30,24±27,30 | 2 | 1,44 | 0,251 | A | A | A |
| DR | 786±240,7 | 1033±491,00 | 1734±731,00 | 2 | 10,43 | 0,000 | B | B | A |
| CaCO3 | 221,8±49,8 | 186,3±60,9 | 174,1±46,9 | 2 | 2,64 | 0,087 | A | A | A |
| TH | 64,86±19,46 | 49,55±12,02 | 70,25±12,08 | 2 | 6,20 | 0,005 | A | B | A |
| Cl ⁻ | 217,2±100,7 | 194,8±48,0 | 1018,00±845 | 2 | 10,88 | 0,000 | B | B | A |
| OM | 3,54±1,53 | 3,07±1,62 | 6,30±1,56 | 2 | 14,78 | 0,000 | B | B | A |
| NO ₃ ⁻ | 29,27±6,92 | 30,18±19,41 | 33,52±19,96 | 2 | 0,22 | 0,805 | A | A | A |
| NO ₂ ⁻ | 0,75±0,45 | 0,87±0,55 | 13,20±9,08 | 2 | 22,20 | 0,000 | B | B | A |
| PO ₄ ³⁻ | 12,89±3,72 | 16,31±4,70 | 32,82±15,43 | 2 | 14,92 | 0,000 | B | B | A |
| NH ₄ ⁺ | 3,54±1,82 | 0,73±0,74 | 2,93±1,38 | 2 | 13,73 | 0,000 | A | B | A |
| SO ₄ ⁻ | 107,8±44,9 | 121,6±47,5 | 276,2±141,8 | 2 | 12,92 | 0,000 | B | B | A |
| Ca ²⁺ | 143,32±31,72 | 97,08±27,57 | 116,60±20,55 | 2 | 8,86 | 0,001 | A | B | AB |
| Mg ²⁺ | 70,50±19,43 | 52,86±19,13 | 79,02±28,80 | 2 | 4,07 | 0,026 | AB | B | A |
| K ⁺ | 41,69±12,58 | 45,21±21,16 | 70,17±13,87 | 2 | 10,87 | 0,000 | B | B | A |

Averages sharing no letters are significantly different.

3.4. Principal Component Analysis (PCA) between Physicochemical and Biometric Characteristics

The first two factorial axes contribute respectively to 69.46% and 30.51% of inertia, a cumulative percentage of 99.97%. This result can be considered satisfactory given the relatively high number of variables processed (Table 4).

Table 4: Discrimination of groups of variables according to their coordinates (COOR) and their Relative contributions (CTR) on the first two principal components and their proximity, During the sampling period (2011- 2014).

| Variables | Axis F ₁ 69,46% | | Axis F ₂ 30,51% | |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| | COOR F ₁ | CTR F ₁ | COOR F ₂ | CTR F ₂ |
| Lt | 0,93 | 0,87 | 0,35 | 0,12 |
| Lf | 0,92 | 0,86 | 0,36 | 0,13 |
| Ls | 0,92 | 0,86 | 0,37 | 0,13 |
| Wt | 0,93 | 0,87 | 0,34 | 0,12 |
| We | 0,93 | 0,86 | 0,36 | 0,13 |
| T° | -0,96 | 0,93 | 0,24 | 0,06 |
| pH | -0,96 | 0,93 | -0,26 | 0,06 |
| EC | -0,93 | 0,87 | 0,34 | 0,12 |
| SAL | -0,99 | 0,98 | 0,14 | 0,01 |
| Eh | -0,20 | 0,04 | 0,97 | 0,95 |
| DO | 0,99 | 0,99 | 0,04 | 0,00 |
| SM | 0,96 | 0,93 | 0,25 | 0,06 |
| Turb | 0,76 | 0,58 | -0,64 | 0,41 |
| DR | -0,98 | 0,97 | -0,14 | 0,02 |
| NO ₃ ⁻ | 0,59 | 0,35 | -0,80 | 0,64 |
| NO ₂ ⁻ | -0,99 | 0,99 | -0,07 | 0,00 |
| SO ₄ ⁻ | -0,98 | 0,96 | -0,18 | 0,03 |
| NH ₄ ⁺ | -0,47 | 0,23 | 0,87 | 0,77 |
| Ca ²⁺ | -0,26 | 0,06 | 0,96 | 0,93 |
| Mg ²⁺ | -0,66 | 0,43 | 0,75 | 0,56 |
| TH | -0,29 | 0,08 | 0,95 | 0,91 |
| Cl ⁻ | -0,99 | 0,99 | 0,05 | 0,00 |
| K ⁺ | -0,78 | 0,62 | -0,61 | 0,37 |
| PO ₄ ³⁻ | -0,81 | 0,66 | -0,57 | 0,33 |
| CaCO ₃ | -0,16 | 0,02 | 0,98 | 0,97 |
| OM | -0,99 | 0,99 | 0,02 | 0,00 |

On the bipolar F1 axis, extracting more than 69,46% of the total variance, a maximum of variables is projected. At its positive pole (Figure 2), defined by the physicochemical parameters, the DO content (CTR = 0,99) and the SM (CTR = 0,93) are located. The same applies to morphometric parameters Lt (CTR= 0,87), Wt (CTR= 0,87), Lf (CTR= 0,86), Ls (CTR= 0,86) et We (CTR= 0,86) de *B. callensis* and turbidity (CTR = 0,58). On the negative side of the same figure, most of the variables are projected, such as the organic matter content OM (CTR = 0,99), NO₂⁻ (CTR = 0,99), Cl⁻, CTR = 0,98), SO₄⁻ (CTR = 0,96), pH of the water (CTR = 0,93), T° (CTR = 0,93), EC (CTR = 0,87), the water content of PO₄³⁻ (CTR = 0,66) and K⁺ (CTR = 0,62). The sector that contributed the most to the inertia of axis 1, negative side is Sidi Salem, up to 66.50%.

The F2 axis, which represents only 30,51% of the variance, at its positive pole project the water content in CaCO_3 (CTR = 0,97), Eh (CTR = 0,95), Ca^{2+} (CTR = 0,93), TH (CTR = 0,91), water content of NH_4^+ (CTR = 0,77) and Mg^{2+} (CTR = 0,56).

The station that contributed the most to the inertia of axis F2, positive side is Moulin Rochefort (SI), at 52,76%. At its negative pole the NO_3^- (CTR = 0,64) is projected. The station that contributed the most to the inertia of axis 2, negative side is Taya (SII), at 47,06%.

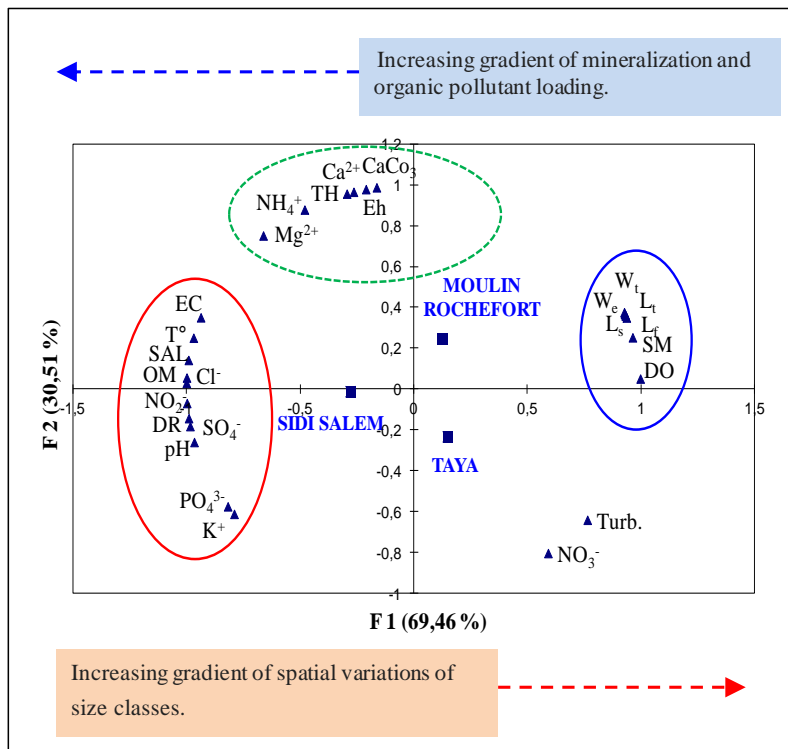


Figure 2: Projected variables and observations (sampling stations) in the basin Of the Seybouse during the sampling years on the F1 axes (in continuous lines) And F2 (dashed lines).

3.5. Relationship between the first two main components and the variables.

The two axes taken into account to describe the correlations between variables related to spatial structures, alone account for 99,97% of the total information with respectively 69,46% for axis F1 and 30,51% Axis F2.

In the plane formed by main components 1 and 2 (Figure 2), the variables most correlated to CP 1 are DO, SM, Lt, Wt, Lf, Ls, We, OM, NO_2^- , Cl^- , SAL, DR, SO_4^- , pH, T° , EC, PO_4^{3-} and K^+ .

Among these variables, those that contributed most to the CP1, accounting for 69.46% of the variance, distinguish two different groups: the first grouping DO, SM, Lt, Wt, Lf, Ls and We, which are strongly correlated between And positively to F1, since they define eigenvectors of the same direction. The second group which is collected by the elements OM, NO_2^- , Cl^- , SAL, DR, SO_4^- , pH, T° , EC, PO_4^{3-} and K^+ , which are negatively correlated to CP1.

On the axis defined by CP2, which represents only 30.51% of the variance, the variables most correlated to this main component are CaCO_3 , Eh, Ca^{2+} , TH, NH_4^+ and Mg^{2+} .

Other variables (NO_3^- and Turb) being far from the ends of the axis defined by CP1 and CP2 respectively, their correlation is certainly not very strong. These variables are probably better explained by other major components, other than CP1 and CP2.

3.6. Correlation matrix

Examination of the matrix of correlation between variables taken in pairs (Table 5) reveals the presence of a first set of variables, consisting of morphometric descriptors strongly correlated with each other (Lt/Lf, Lt/Ls, Lt/Wt, Lt/We, Lf/Ls, Lf/Wt, Lf/We, Ls/Wt, Ls/We and Wt/We), positive linear correlations since they define eigenvectors of the same direction ($r > 0.99$, $p < 0.05$). It is also noted that the different physicochemical

parameters correlate positively with each other (Eh/Ca²⁺, Eh/CaCO₃, DR/NO₂⁻, DR/SO₄⁻, Ca²⁺/TH, Cl⁻/OM, K⁺/PO₄³⁻), In a very significant way (r > 0.99, p < 0.05). Moreover, the group of physicochemical parameters (pH/SM, DO/NO₂⁻, DO/OM, SM/SO₄⁻), correlate negatively with one another very significantly (r > 0.99, p < 0.05).

Table 5: Correlation matrix (Pearson (n)) between the variables studied.

| | Lt | Lf | Ls | Wt | We | T° | pH | EC | SAL | Eh | DO | SM | Turb | DR | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ | SO ₄ ⁻ | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | TH | Cl ⁻ | K ⁺ | PO ₄ ³⁻ | CaCO ₃ | OM | |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|---------------|-------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------|------|--|
| Lt | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lf | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ls | 0,99* | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wt | 0,99* | 0,99* | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| We | 0,99* | 0,99* | 0,99* | 0,99* | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T° | -0,81 | -0,80 | -0,80 | -0,82 | -0,81 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | -0,99 | -0,99 | -0,99 | -0,99 | -0,99 | 0,86 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EC | -0,74 | -0,74 | -0,73 | -0,75 | -0,74 | 0,99 | 0,81 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAL | -0,87 | -0,86 | -0,86 | -0,87 | -0,87 | 0,99 | 0,91 | 0,97 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eh | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,14 | 0,15 | 0,44 | -0,05 | 0,53 | 0,34 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DO | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,94 | -0,95 | -0,97 | -0,91 | -0,98 | -0,16 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SM | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | -0,87 | -0,99* | -0,81 | -0,91 | 0,04 | 0,97 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Turb | 0,48 | 0,47 | 0,46 | 0,49 | 0,48 | -0,90 | -0,57 | -0,94 | -0,84 | -0,78 | 0,73 | 0,57 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| DR | -0,97 | -0,97 | -0,97 | -0,97 | -0,97 | 0,92 | 0,99 | 0,87 | 0,95 | 0,06 | -0,99 | -0,99 | -0,66 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁻ | 0,26 | 0,25 | 0,24 | 0,27 | 0,26 | -0,77 | -0,36 | -0,83 | -0,69 | -0,91 | 0,55 | 0,37 | 0,97 | -0,47 | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| NO ₂ ⁻ | -0,95 | -0,95 | -0,95 | -0,95 | -0,95 | 0,94 | 0,98 | 0,90 | 0,97 | 0,14 | -0,99* | -0,97 | -0,71 | 0,99* | -0,53 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ ⁻ | -0,98 | -0,98 | -0,98 | -0,98 | -0,98 | 0,90 | 0,99 | 0,85 | 0,94 | 0,02 | -0,99 | -0,99* | -0,63 | 0,99* | -0,43 | 0,99 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | -0,13 | -0,12 | -0,11 | -0,14 | -0,13 | 0,68 | 0,23 | 0,75 | 0,59 | 0,95 | -0,43 | -0,24 | -0,93 | 0,34 | -0,99 | 0,41 | 0,31 | 1,00 | | | | | | | | | |
| Ca ²⁺ | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,10 | 0,49 | 0,00 | 0,58 | 0,39 | 0,99* | -0,21 | -0,01 | -0,82 | 0,12 | -0,93 | 0,19 | 0,08 | 0,97 | 1,00 | | | | | | | | |
| Mg ²⁺ | -0,34 | -0,33 | -0,33 | -0,35 | -0,34 | 0,82 | 0,44 | 0,88 | 0,75 | 0,87 | -0,62 | -0,44 | -0,98 | 0,54 | -0,99 | 0,60 | 0,51 | 0,97 | 0,89 | 1,00 | | | | | | | |
| TH | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,07 | 0,52 | 0,03 | 0,60 | 0,42 | 0,99 | -0,24 | -0,04 | -0,83 | 0,15 | -0,94 | 0,22 | 0,11 | 0,97 | 0,99* | 0,91 | 1,00 | | | | | | |
| Cl ⁻ | -0,91 | -0,90 | -0,90 | -0,91 | -0,91 | 0,98 | 0,94 | 0,95 | 0,99 | 0,26 | -0,99 | -0,94 | -0,80 | 0,98 | -0,63 | 0,99 | 0,97 | 0,52 | 0,31 | 0,70 | 0,34 | 1,00 | | | | | |
| K ⁺ | -0,95 | -0,96 | -0,96 | -0,95 | -0,95 | 0,61 | 0,92 | 0,52 | 0,69 | -0,43 | -0,81 | -0,91 | -0,21 | 0,87 | 0,02 | 0,83 | 0,88 | -0,15 | -0,38 | 0,06 | -0,35 | 0,75 | 1,00 | | | | |
| PO ₄ ³⁻ | -0,96 | -0,97 | -0,97 | -0,96 | -0,97 | 0,64 | 0,93 | 0,56 | 0,72 | -0,39 | -0,84 | -0,93 | -0,25 | 0,89 | -0,01 | 0,85 | 0,90 | -0,11 | -0,34 | 0,10 | -0,31 | 0,78 | 0,99* | 1,00 | | | |
| CaCO ₃ | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,19 | 0,20 | 0,40 | -0,10 | 0,49 | 0,29 | 0,99* | -0,11 | 0,08 | -0,75 | 0,01 | -0,89 | 0,09 | -0,02 | 0,94 | 0,99 | 0,84 | 0,99 | 0,21 | -0,47 | -0,43 | 1,00 | | |
| OM | -0,92 | -0,91 | -0,91 | -0,92 | -0,92 | 0,97 | 0,95 | 0,94 | 0,99 | 0,23 | -0,99* | -0,95 | -0,78 | 0,98 | -0,61 | 0,99 | 0,97 | 0,50 | 0,29 | 0,68 | 0,32 | 0,99* | 0,77 | 0,80 | 0,19 | 1,00 | |

The values in (*) are significantly different from 0 to a significance level p < 0.05.

4. Discussion

The mean values of the physicochemical parameters of the water show that the mean values of the water temperature have an increasing gradient from upstream to downstream, with a slight difference recorded at station II. These discrepancies can be due to the daily time difference between the different sampling points. Indeed, site II is relatively shaded and preserved in a forest context. Fluctuations in the temperature of a watercourse remain linked, on the one hand, to local conditions such as regional climate, topography, duration of sunshine, and on the other hand to flow and depth [39]. Obviously,, water temperature is an ecological factor that generates significant ecological impacts [40]. In general, Cyprinidae prefer warm, current, or stagnant, less mineralized waters [41] where adult individuals are often less tolerant of high temperatures than juveniles. This species is described as opportunistic with a capacity to adapt to temperature conditions between 36 and 40 °C [7].

From the point of view of electrical conductivity, the recorded values make it possible to classify the Seybouse in the class of water bodies in very good condition with respect to the mineralization. The high value of the electrical conductivity recorded in the vicinity of the downstream station (SIII) is closely related to the marine influence (Annaba gulf) and to the water inputs of the highly mineralized Wadi Meboudja (EC > 2100 µS / cm), And which is fed by the salt waters of Lake Fetzara [42].

The increasing gradient of salinity observed from upstream to downstream of the Seybouse basin is linked either to intake of chlorides of anthropogenic origin or to natural salinization of water.

The region is directly subject to marine intrusions favored by its low inclined bed, which favors the rise of marine waters over long distances, especially during periods of storms where the values exceed the critical threshold of 1 g/l. This situation was also observed in the mouth of the Mafragh estuary [43]. On the other hand, the annual haline variations recorded during the period considered (2011-2014) follow the hydrological regime with sometimes drier seasons and saltier waters, and wet seasons accompanied by strong water flows and more diluted waters.

The relatively more saline waters of Station I (0,47 g/l) compared to those of Station II (0,32 g/l) could be explained by the saline and gypsiferous geological nature of the upstream region. The temporal analyzes of the period considered (2011-2014) follow relatively well the hydrology with drier seasons that generate waters on average more salty, and seasons with higher flows and limited concentrations of salts.

The variations in SM load gradually decrease from the first to the third station. Indeed, the SM content is related to the nature of the land traversed and the composition of the discharged spills.

The high SM values recorded in stations I and II can be explained by the clayey nature of the terrain and the deformation of the wadis bed that can be attributed to agricultural activity and to an intense erosion of the watershed probably the result of a brutal hydrological manifestation (floods and low flows). The most turbid waters are located upstream of the Seybouse catchment, especially in Station II, where there are numerous sand and aggregate extraction points. Although the calcium and magnesium contents can contribute to the hardness of the water (TH), the main natural sources are sedimentary rocks (loaded with calcium and magnesium) as well as soil infiltration and runoff from areas where the topsoil is thick and the rocks are calcareous with appreciable amounts of minerals Such as calcium carbonate (CaCO_3).

Considering the high hydrometric values ($> 54^\circ \text{f}$) in the three stations, we can assume that the water masses of the tributaries and the main stream of the Seybouse are considered to be very hard. Beginning in the 1970, Verneaux classified the gradients of benthic and fish fauna from upstream to downstream, based on the distance at the source, the maximum water temperature, the wetted section and the hardness of the water.

Schematically, ammonia nitrogen dissolved in water is present as ammonia (NH_3) if the pH is greater than 8 or ammonium (NH_4^+) if the pH is less than 8. The pH values recorded in this Study displace this dynamic equilibrium in favor of ammonia and the masses of water would have an average quality in a well-defined upstream downstream gradient. This parameter is considered lethal for ichthyofauna when pH values are less than 5 or greater than 9 [45].

The solubility of oxygen in water is closely related to temperature, atmospheric partial pressure and salinity. On the other hand, pressures from anthropogenic releases, particularly from the treatment plant adjacent to station III and the agglomeration of the city of El-Hadjar, are noticeably felt in the estuary with Dissolved oxygen which are dangerously close to total anoxia when the conditions are suitable downstream of the wadi (SIII = 4,80 mg/l). All the mean nutrient values (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) generally indicate a mediocre to poor water mass threshold for the element under consideration. The presence of these nutrients in water at concentrations often exceeding the norms is mainly due to the boundary human activities, in particular agriculture and livestock. The situation is more worrying in the vicinity of station III which is subject to a risk of pollution by these nutrients, in particular phosphorus whose concentrations exceeds the permissible standard very much.

Perturbations of the phosphorus cycle are mainly caused by fertilizers, human and animal metabolism, and household laundry. In excessive amounts in aquatic environments, they can cause eutrophication or even dystrophication. This situation prevails in several cities in Africa where regulation is often not respected or absent [46].

The excessive presence of chlorides in the study area, particularly in the downstream station, means that the water is of poor quality. This situation indicates the contribution of anthropogenic input probably of urban as well as industrial origin. On the other hand, the sulphates are more concentrated in station III than in stations I and II, which means a dysfunction probably localized and spawned by the estuarine waters.

The analysis of variance of the morphometric and weight parameters applied to the population fractions of *B. callensis* sampled in the three stations revealed two distinct areas of occupancy. The first weakly anthropized area groups upstream stations (SI and SII) with respective barrier capture rates of 39,95% and 37,25%. This area appears to be colonized by fish of lengths and eviscerated weights average total respective of 412.6 mm (725,3 g) and 319,2 mm (334,2 g). The second area of Sidi Salem, with a catch rate of 22,8%, is occupied only by a fraction of smaller barbs ($L_{t_{\text{way}}} = 183,8 \text{ mm}$, $W_{e_{\text{wey}}} = 64 \text{ g}$).

Also, the position of dissolved oxygen on the positive part of the CP1 could be justified by the fact that the waters of the Seybouse basin are more oxygenated in the upstream part, far from the impact of urban effluents, which are very important downstream of the basin. At the same time, the SM content defines an axis of pollution by the natural organic and mineral particles carried by the leaching of the soils during the period of flood. It is a function of the nature of the land traversed.

On the one hand, the low mineralized waters rich in DO and SM contribute to improving the quality of the water masses and thus favor the presence of a demanding fish population. This type of region, that of the heads of basin of high and middle mountains (SI and SII), could constitute areas of refuge to this species.

On the other hand, the Sidi Salem area in the downstream part of the main stream of the maritime Seybouse is considered the most physico-chemically affected with likely impacts on the nature of the habitats frequented, the demographic structure and the dynamics of the *B. callensis* population.

Considering the salinity parameter, for example, the salinization of the downstream station (1,26 g/l) could affect the physiological metabolism of the fish, in particular their osmoregulatory function; In fact, it seems that younger individuals are more tolerant of salinity than larger individuals preferring freshwater upstream of Seybouse (<0.5 g / l).

The considerable quantities of organic matter, nutrients and minerals of domestic and industrial origin discharged upstream of station III are all factors which would favor the emergence of dystrophic seizures, resulting in the scarcity of *B. callensis* adults at the mouth of Sidi Salem to the benefit of the installation of individuals of smaller sizes and more tolerant to environmental stress.

The heterogeneity of the spatial distribution of size classes of *B. callensis* along the hydrographic network is not related solely to anthropogenic factor and adverse environmental conditions, but also to the ecobiological characteristics of the species. In fact, this species shelters in the deep water holes in winter and it is only in the spring that they are distributed [47].

However, all the results obtained do not make it possible to compare them with other bordering populations of *B. callensis*, despite its endemism in the northern part of the African continent [34, 10]. The majority of studies deal with the behavior and reaction of freshwater fishes to the influence of physico-chemical stress in a controlled environment [48-51].

The specific typology highlighted on these media, joins in its broad features the longitudinal zonation from upstream to downstream realized on the systems of running water as the one evoked [52, 53]. The work of Verneaux [54] places at the heart of the analysis the problem of the succession of bream areas (slow and hot streams), shadows and barbels (pre-mountainous regions to large rivers of plain) to trout areas marking mountain environments and cold rivers. Such a gradient has been highlighted on the Portuguese deductions [55] with nevertheless different species. These species, considered as tracers of a degradation of physico-chemical or sedimentary conditions, regress to no longer subsist downstream of the basin, as has been demonstrated in the mink *Phoxinus phoxinus* [27].

Conclusion

In general, this study has enabled us to identify two zones which are distinct in their degree of contamination and which would significantly affect the spatial distribution in size classes of *B. callensis* along the hydrographic network. The upstream, weakly anthropized zone would host large individuals and a downstream zone on the main stream, highly mineralized and loaded with organic pollutants, consisting of very few small individuals. The high and medium Seybouse could also serve as a reservoir for fry and juveniles for downstream watersheds in difficulty (due to anthropogenic activities) and have lost their spawning stock. The knowledge gained on this species can be considered fundamental for understanding the natural mechanisms involved such as the vulnerability of this species to anthropogenic pressure. The variations observed in response to environmental stresses due to multitudes existing interrelationships between abiotic and biotic factors underline the importance of introducing this indigenous biological material into future impacts studies in continental aquatic environments.

Acknowledgements - At the end of this research, it is very gratifying to express my thanks to all those who contributed to the development of this work.

References

1. Anonyme, Bassin de la Seybouse. Actualisation. Les Cahiers de l'Agence, Agence de bassins hydrographiques Seybouse-Mellag-constantinois (ABH), 7 (2002) 32.
2. Aouanallah O., Caractères chimiques des apports de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba: sels nutritifs et matières organiques. Mémoire de Magistère, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie, (2007) 38.
3. Darwall W., Carrizo S., Numa C., Barrios V., Freyhof J., Smith K., Les zones clés pour la biodiversité d'eau douce dans le hotspot du bassin méditerranéen. Un éclairage pour la conservation des espèces et la planification du développement dans les écosystèmes d'eau douce. Cambridge, Royaume-Uni et Malaga, Espagne: UICN, x+ (2015) 86.
4. Kara H.M., Eur. J. Wil. Res., 58 (1) (2011) 243-253.
5. Cuvier G., Valenciennes A., Histoire naturelle des Poissons. Vol. 16, Paris: P. Bertrand, (1842) 1828-1850.

6. Guichenot A., Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842 publiée par ordre du gouvernement et avec le concours d'une commission académique. Sciences physiques. Zoologie V. Histoire naturelle des reptiles et des poissons. Imprimerie Nationale, Paris. (1850) 144.
7. Gervais F.L.P., Ann. Sci. Nat., Paris, Zoologie (Sér. 3) 19 (1853) 5-17.
8. Gauthier H., Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Minerva, Alger. (1928) 149.
9. Almaça C., *Bull. Mus. Natl. Hist.Nat., Paris*, 40 (1969) 1116-1144.
10. Almaça C., *Arch. Mus. Boc.* 2, 3 (1972) 319-346.
11. Almaça C., *Cybium*, (3) 2: (1977) 25-33.
12. Almaça C., *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 4e Sér. (A)*, 1 (1979) 279-284.
13. Bouhadad R., Asselah, B., *Santé Plus*, 61 (1998) 19-22.
14. Zouakh D.E., Bouhadad A., Moulla M., Cherbi, M., *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 103 (2004) 55-80.
15. Blanco J.L., Hrbek T., Doadrio I., *Zootaxa*, 1158 (2006) 39-53.
16. Bacha M., Amara R., *Cybium*, 31(3) (2007) 351-358.
17. Ould-Rouis S., Ould-Rouis A., Micha J.C., Arab A., *Tropicultura*, 30 (2) (2012) 88-93.
18. Crivelli A.J., *Barbus callensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T61251A12453969. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T61251A12453969.en>. Downloaded on 23 April 2016, (2006).
19. Djabri L., Hani A., Mania J., Mudry J., Conséquences des pratiques agricoles sur la qualité des eaux du bassin de la Seybouse (Est algérien). Actes de colloque, ESRA 2000, Poitiers, France, S3, (2000) 39-42.
20. Khanchoul K., Boukhrissa Z.A., Majour H., *Com. Geol.*, 99 (1) (2012) 27-32.
21. Ounissi M., Gouiez H., Labed S., Saker I., Haridi A., Khelifi-Touhami M. Djorfi, S. Apports en phosphate et en azote minéral de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba (Algérie). Actes 8ème Congrès International des Limnologues d'Expression Française (abstract book), March 17-21, Hammamet, Tunisia, (2006).
22. Ounissi M., Ziouch O. R., Aounallah O., *Mar. Poll. Bull.*, 80 (2014) 234-244.
23. Aounallah O., *Adv. Envir. Biol.*, 9 (11) (2015) 101-108.
24. Reggam A., Bouchelaghem H., Houhamdi M., *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (5) (2015) 1417-1425.
25. Khelifa R., Youcef, A., Kahlerras, A., Alfarhan, A., AL-Rasheid K., Samraoui B., *Rev. Ecol.*, 66 (1) (2011) 55-66.
26. Chaib N., Bouhala Z., Fouzari L. Marziali L., Samraoui B., Rossaro B., *J. Limnol.*, 72 (2) (2013) 16.
27. Touchart L., Clave Y., *Norois*, 211 (2009) 23-36.
28. Bravard J. P., Le Rhône du Léman à Lyon, Lyon, *La Manufacture*, (1987) 451.
29. Rougerie G., Biogéographie des milieux aquatiques, Paris, A. Colin, (1993) 252.
30. Berthold R., Méthodologie pour la gestion durable des têtes de bassins versants, de l'analyse globale des bassins versants au diagnostic écologique des systèmes ruisseaux, Besançon, 6ème Rencontres de Théo Quant [<http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2003/03Berthold.pdf>], (2003) 11.
31. Argillier C., Pronier O., Irz P., Molinier O., *Bull. Fr. Pêche Pisc.* 365/366 (2002) 389-404.
32. Blayac J., Esquisse Géologique du Bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines. Cartes et coupes géologiques, (1912) 491 p.
33. Pellegrin J., *Mém. Soc. Sc. Nat., Maroc*, I, 2 (1921) 217.
34. Pellegrin J., *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 19, 1 (1939) 1-10.
35. Almaça C., *Arg. Mus. Boc.*, 2, 1, 7 (1966) 111-121.
36. Ricker W. E. Methods for assessments of fish production in fresh waters. Blackwell Sc. Public., Oxford, (1971) 348.
37. Bodiou J.-Y. Chardy, P., *Mar. Biol.*, 20 (1973) 27-34
38. Oudin L. C., Maupas D., Système d'Evaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau). Ministère de l'Écologie et du Développement Durable -Agences de l'Eau, Paris, France. (Available from: <http://sierm.eaurmc.fr/eaux-superficielles/fichiers-telechargeables/grilles-seq-eau-v2.pdf>) (2003).
39. MC Neely R.N., Neimainis V.P., Dwyer L., Référence sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux environnements. Canada. Direction de la qualité des eaux, Ottawa, Canada, (1980) 100.
40. Leynaud G., B.T.I. Minist. Agricult.Fr, (1968) 224-881.
41. Brusle J., Quignard, J.P., Biologie des Poissons d'Eau douce européens, Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 2ème éd : (2013) 740.
42. Debieche T. H., Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est algérien. Thèse. Doct. Univ. de Franche-Comté, France, (2002) 235.

43. Khélifi-Touhami M., Ounissi, M., *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 40 (2013) 291.
44. Verneaux J., *C. A. Sci.*, 284 (1977) 675-678.
45. Bremond R., Perrodon C., Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. 2^{ème} éd : (1979) 259.
46. Meybeck M., *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26 (1996) 81- 96.
47. Kraiem M.M., *Cybium*, 13 (4) (1989) 365-374.
48. Poncin P., Melard C., Philippart J.C., *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 304 (1987) 1-12.
49. Bianco P.G., Nordlie F., *Ital. J. Zool.*, 75 (3) (2008) 285-293.
50. Kucuk S., *Afr. J. Biotech.*, 12 (16) (2013) 2082-2087.
51. Dubey S.K., Trivedi R.K., Rout S. K., Chand B.K., Choudhury A., *J. Aquac. Res. Dev.*, 5 (2014) 249.
52. Tramer E. J., Rogers P. M., *Amer. Midl. Natur.*, 90 (2) (1973) 366-374.
53. Baglinière J.L., *Cybium*, 3 (7) (1979) 53-74.
54. Verneaux J., *Biol. Ecol.*, 2 (1981) 33-41.
55. Godinho F.N., Ferreira M.T., Portugal, E. Castro M.I., *Aquat. Living Res.*, 11 (1998) 325-334.

(2017) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>