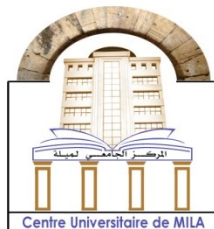


N° Ref :.....



Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement

Option : Gestion et Fonctionnement des Ecosystèmes Aquatiques et Forestiers

Thème :

Etude biométrique et toxicologique comparée chez deux espèces de poissons issues du barrage de Beni Haroun : le barbeau (*Barbus barbus*) et la carpe commune (*Cyprinus carpio*)

Présenté par :

Soraya MOUALDI

Wissam TAKLIT

Devant le jury composé de :

A. BOUNAMOUS

M.C.A. Centre Universitaire de Mila.

Président

L. KADECHE

M.A.A. Centre Universitaire de Mila.

Examinatrice

M.L. TOUMI

M.C.B. Centre Universitaire de Mila.

Promoteur

Année Universitaire: 2015/2016

Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné santé, courage, volonté et patience pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos très gratitude à Mr Toumi Mohamed lamine.

pour nous avoir accepté de le diriger du début à la fin. Nous le remercions sincèrement pour ses précieux conseils.

Ses encouragements, disponibilité, sa patience, qu'il nous a consacrés, La correction minutieuse et tous les efforts qu'il a fournis pour le bon Aboutissement de ce travail.

Nous tenons à remercier le Président du jury, Mr Bounamous Azeddine, pour l'honneur qu'il nous a fait en président le jury, et Mlle Kadeche Lilia, pour avoir accepté d'examiner ce travail, et qui tout au Long de ces années a été d'une très grande disponibilité. Nous les Remercions pour leur suivi, leurs idées scientifiques et les précieux conseils.

Tout le personnel pédagogique et administratif de l'université de Mila, Et tous les enseignants de Sciences de la naturel et de la vie.

Nos remerciements vont aussi à tous les personnels du laboratoire Pédagogique du département de biologie de l'université de Mila, qui dans ses meilleures conditions ont mis à nous disposition Tout le matériel nécessaire.

Nous remercions le responsable de la direction de pêche de la wilaya de Mila, Mr Bendjeddou, et en particulier le pêcheur, Mr Ahmed.

Nous remercions le directeur du laboratoire central de L'Algérienne des Eaux (ADE) d'Annaba.

Nos remerciements à tous ceux qui ont contribué techniquement Ou moralement à l'aboutissement de ce travail.

Enfin nous remercions aussi toutes personnes qui ont laissés leurs traces dans notre travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail À mon premier Amour, mon exemple, mon premier enseignants dans la vie, mon père Slimane qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, J'espère que du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme, Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

Il est naturel que ma pensée la plus forte aille vers ma chère mère Rahima, qu'elle me donne la vie et une part essentielle de ma personnalité.

Qu'elle sache que l'amour qu'elle me donne continue à m'animer et me permet d'envisager l'avenir comme un défi.

Je tiens à présenter mes affections et mes gratitudes, et mes profonds sentiments À mon très cher futur mari ATAMNA YUCEF Qui n'a jamais cessé de me soutenir pour que je puisse finir mon projet et A toute ma belle famille ATAMNA, chacun à son nom.

A mes chers frères Hicham, Okba, et Mouloud, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

A la meilleur sœur du monde ma chère Meriem, et a son mari Khaled, Sans oublier les deux anges Adem & Amine.

A tous les membres de ma famille Moualdi et Chakkouf, petits et grands.

A tous mes amies : Horia, Khawla, Mouna, Manel, Zineb, Rayan.

Grand hommage à ma copine qui ma accompagné dans ce travail qui ne sera pas achevé sans son soutien: Wissem.

A tous ceux qui me sont chers.

Merci aussi à tous ceux qui ont consacré du temps, de l'énergie et de la patience.

SORAYA

Dédicace

*C'est à l'aide de Allah le clément, le tout puissant,
que j'ai arrivé à recueillir le Fruit de Mes 18 bougies d'études,
que je dédie à :*

*Mes chers parents pour la patience et l'encouragement qu'ils ont
constamment montrés, que ce travail soit la récompense de tous
leurs sacrifices, que dieu les protège et les garde. Je ne dirais
jamais assez pour exprimer mon amour et mes*

Remerciements :

*Merci ma très chère mère et mon très cher père. Pour leurs
aides, leurs conseils et Encouragements inconditionnel
A mes belles sœurs ASSIA, ROUMAISSA, ANFAL,
A mes chers frères ABD ALHAKIM ET YAHYA
A mes chères oncles et tantes pour leur précieuse aide et soutien
A tous les membres de ma famille TAKLIT et REMADNA,
petits et grands.*

*A mes très chères amies AMINA, MANAR, HOUDA,
Pour ses Encouragements et son aide tout au long de ce travail
A mes adorables chères amies pour leur fidélité avec lesquelles
j'ai partagée mes Moments inoubliables, De joie et de bonheur
MOUNA, NABILA, KENZA, AMIRA, SARA , RIHAB, SELMA,
HABIBA, SAKINA*

*Grand hommage à ma copine qui ma accompagné dans ce
travail qui ne sera pas achevé sans son soutien: Soraya.*

*Ainsi qu'à toute la promotion 2015/2016 ECOLOGIE et
ENVIRONNEMENT*

*A tous ceux que j'aime, ceux qui m'aiment et me respectent de
près ou de loin*

*À son élaboration sans oublier ceux qui m'ont donné leurs avis
et leurs Orientations*

*Enfin mon plus profond respect va tout droit à mes aimables
professeurs dans Tous les cycles de ma scolarité qui mon éclairé
la voie du savoir.*

Wissam

TABLE DES MATIERES

Table des Matières

Introduction	01
Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique	
1. Présentation de la wilaya de Mila	04
1.1. Situation géographique	04
1.2. Climat général	04
2. Description de la zone d'étude : le barrage de Beni Haroun	05
2.1. Situation géographique	05
2.2. Caractéristiques principales	06
2.3. Climat local	06
3. Biodiversité piscicole dans le barrage de Beni Haroun	08
3.1. Généralités sur la famille des Cyprinidés (poissons blancs)	08
3.2. Espèces de poissons présentes dans le barrage	09
3.2.1. La carpe commune	09
3.2.2. La carpe royale	10
3.2.3. La carpe argenté	11
3.2.4. La carpe a grand bouche	11
3.2.5. Le barbeau	12
3.2.6. Le carassin	13
3.2.7. La brème	13
4. Espèces étudiées et adaptation à l'environnement	14
4.1. Particularités biologiques des espèces étudiées	14
4.1.1. La carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	14
4.1.1.1. Systématique	14
4.1.1.2. Morphologie	14
4.1.1.3. Habitat	15
4.1.1.4. Mode de vie	15
A. Régime alimentaire	15
B. Reproduction	15
C. Développement et croissance	15
4.1.2. Le barbeau <i>Barbus barbus</i>	16

4.1.2.1. Systématique	16
4.1.2.2. Morphologie	16
4.1.2.3. Habitat.....	16
4.1.2.4. Mode de vie	17
A. Régime alimentaire	17
B. Reproduction	17
C. Développement et croissance.....	18
4.2. Anatomie générale des poissons	18
4.2.1. Anatomie externe	18
4.2.2. Anatomie interne	19
4.3. Rôle de foie dans l'adaptation environnementale	21
4.3.1. Importance métabolique du foie	22
4.3.1.1. Définition du métabolisme	22
4.3.1.2. Voies métaboliques hépatiques	22
A. Le métabolisme glucidique	23
B. Le métabolisme protéique	23
C. Le métabolisme lipidique	23
4.3.2. Détoxification des xénobiotiques	24
4.3.3. Relation entre la fonction hépatique et la croissance du poisson	26
5. Intérêt écologique de l'étude	26
Chapitre 2 : Matériel et Méthodes	
1. Matériel biologique	28
2. Méthode de pêche	28
3. Manipulations au laboratoire	28
3.1. Etude biométrique	29
3.2. Pesée corporelle	30
3.3. Dissection et prélèvement du foie	31
3.4. Dosage des TBARS	34
3.4.1. Préparation de l'homogénat	34
3.4.2. Principe du dosage	34
3.5. Analyse physicochimique de l'eau.....	35
3.6. Analyses statistiques	38

Chapitre 3 : Résultats et Discussion	
Résultats	39
1. Paramètres biométriques	39
1.1. Valeurs descriptives	39
1.2. Relations longueur-longueur	40
A. Relation longueur totale (LT)/longueur maxillaire-fourche (LJFL)	40
B. Relation longueur totale (LT)/longueur cavité oculaire-fourche (EOFL)	41
C. Relation longueur totale (LT)/longueur dorsale-fourche (DFL)	42
D. Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-fourche (PFL) ...	43
E. Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-dorsale (PDL) ...	44
2. Paramètres pondéraux	45
2.1. Rapport hépto-somatique (RHS)	45
2.2. Relations poids corporel (PC)/longueur totale (LT)	46
2.3. Relations poids corporel (PC)/poids hépatique (PH)	47
3. Facteur de condition K	48
4. Paramètre de détoxification : teneur hépatique en TBARS	49
5. Paramètres physicochimiques de l'eau	50
Discussion	51
Conclusion et Perspectives	55
Références Bibliographiques	56

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Situation géographique de la wilaya de Mila	04
2	Diagramme ombrothermique de Gaussen durant l'année 2015 dans la région de Mila	05
3	Localisation géographique du barrage de Beni Haroun	06
4	Variation moyenne mensuelle des précipitations au niveau du barrage de Beni Haroun entre 2011 et 2014	07
5	Variation moyenne mensuelle de la température de l'air au niveau du barrage de Beni Haroun entre 2011 et 2014	08
6	La carpe commune	09
7	La carpe royale	10
8	La carpe argentée	11
9	La carpe à grande bouche	11
10	Le barbeau	12
11	Le carassin	13
12	La brème	13
13	Anatomie externe d'un poisson osseux	19
14	Anatomie interne d'un poisson osseux	20
15	Le filet voile et le bateau de pêche	28
16	La mensuration biométrique du poisson	29
17	Les mensurations biométriques relevées	29
18	La pesée corporelle du poisson	31
19a	Le repère de l'anus du poisson	31
19b	L'ouverture ventrale du poisson	32

Liste des figures (suite)

N°	Titre	Page
19c	L'ouverture latérale du poisson	32
19d	L'écartement de l'ouverture de l'incision	33
19e	L'observation du foie	33
19f	Le détachement du foie de l'estomac	33
20	Les échantillons dans les sachets de conservation	34
21	Valeurs biométriques relatives à la longueur totale (LT) en automne et en hiver chez le barbeau et la carpe commune	40
22	Relation longueur totale (LT)/longueur maxillaire-fourche (LJFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B)	41
23	Relation longueur totale (LT)/longueur cavité oculaire-fourche (EOFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B)	42
24	Relation longueur totale (LT)/longueur dorsale-fourche (DFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B)	43
25	Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-fourche (PFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B)	44
26	Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-dorsale (PDL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B)	45
27	Rapport hépato-somatique (RHS) en automne et en hiver chez le barbeau et la carpe commune	46
28	Relation poids corporel (PC)-longueur totale (LT) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B)	47
29	Relation poids corporel (PC)-poids hépatique (PH) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B)	48
30	Teneur hépatique en TBARS en automne et en hiver chez le barbeau et la carpe commune	49

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Caractéristiques principales du barrage de Beni Haroun	06
2	Classification de <i>Cyprinus carpio</i>	14
3	Classification de <i>Barbus barbus</i>	16
4	Principales enzymes et réactions des phases I et II	25
5	Définition des différentes mensurations biométriques	30
6	Paramètres estimatifs de la relation poids corporel (PC)-longueur totale (LT) et facteur de condition (K) chez le barbeau et la carpe commune	49
7	Paramètres physicochimiques de l'eau du barrage de Beni Haroun	50

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

ANOVA : Analyse de variance

ATP : Adénosine triphosphate

DFL : Longueur dorsale-fourche

EOFL : Longueur cavité oculaire-fourche

GSH : Glutathion réduit

GST : Glutathion S-transférase

LJFL : Longueur maxillaire-fourche

LT : Longueur totale

MDA : Malondialdéhyde

PDL : Longueur pectorale-dorsale

PFL : Longueur pectorale-fourche

RHS : Rapport hépato-somatique

ROS : Espèces réactives de l'oxygène

SEM : Erreur standard de moyenne

TBA : Acide thiobarbiturique

TBARS : Substances réagissant avec l'acide thiobarbiturique

RESUMES



Abstract

The current experimental and comparative study aims at determining the relationships between the growth, the hepatic detoxification ability and the physicochemical quality of milieu in function of seasons in two species of fish from the barrage of Beni Haroun : the barbel and the common carp. A sampling of fishes and freshwater was made at the site of Gharslim (East) in autumn and winter. The fishes were submitted to biometric and weight measurements to determine their growth. The liver, as a central organ of detoxification, was dissected out of the abdominal cavity, weighed then homogenized in order to measure the rate of thiobarbituric acid-reactives substances (TBARS). A concomitant physicochemical analysis of the freshwater was completed. Our results pointed out intra- and interspecific morphometric changes in function of the seasons, with a variable allometric growth (positive in autumn and negative in winter) in the barbel and a negative allometric growth in the common carp. The hepatosomatic index (HSI) did not show any significant difference between the two species, in which a good indication of the condition factor K was obtained during these seasons. The hepatic rate of TBARS was similar in both species during the study period, with a high inter-subject variability. Otherwise, the freshwater analysis has indicated that the ecosystem studied is unfavorable because it contains a considerable amount of organic xenobiotics. Taken together, our results provide evidence about a maladaptation of the bream to its living environment, proving that this species is highly vulnerable compared with the common carp. Nevertheless, it seems that the overall susceptibility of both species to an occasional pollution by xenobiotics may not necessarily depend of a hepatic oxidative stress.

Keywords: Barrage of Beni Haroun; Barbel; Common Carp; Growth; Biometry; Liver; Detoxification; Season.

Résumé

La présente étude expérimentale comparative vise à déterminer les relations entre la croissance, la capacité de détoxification hépatique et la qualité physicochimique du milieu en fonction des saisons chez deux espèces de poissons issus du barrage de Beni Haroun : le barbeau et la carpe commune. Un échantillonnage des poissons et de l'eau à deux prises (automnale et hivernale) a été effectué au site Gharslim (Est). Les poissons ont été ensuite soumis à une mensuration biométrique et pondérale pour déterminer leur croissance. Le foie, en tant qu'organe central de détoxification, a été disséqué hors de la cavité abdominale, pesé puis homogénéisé pour le dosage des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS). Une analyse physicochimique concomitante de l'eau du barrage a été complétée. Nos résultats ont montré des changements morphométriques intra- et interspécifiques en fonction des deux saisons, avec une croissance allométrique variable (positive en automne et négative en hiver) chez le barbeau et une croissance allométrique négative chez la carpe commune. Le rapport hépato-somatique (RHS) n'a montré aucune différence significative entre les deux espèces, chez lesquelles une bonne indication du facteur de condition K a été obtenue au cours des deux saisons. La teneur hépatique en TBARS a été similaire chez les deux espèces durant la période d'étude, avec une grande variabilité interindividuelle. Par ailleurs, l'analyse de l'eau a indiqué que l'écosystème étudié est défavorable en ce sens qu'il abrite un taux considérable de xénobiotiques organiques. Pris ensemble, nos résultats mettent en évidence une adaptation remarquable du barbeau et de la carpe commune à leur milieu de vie, témoignant d'une certaine résistance aux conditions environnantes. Néanmoins, il semble que la susceptibilité générale des deux espèces à une pollution occasionnelle aux xénobiotiques ne dépendrait pas nécessairement d'un stress oxydatif hépatique.

Mots clés : Barrage de Beni Haroun ; Barbeau, Carpe Commune ; Croissance ; Biométrie ; Foie ; Détoxification ; Saison.

ملخص

تهدف هذه الدراسة التجريبية للمقارنة وتحديد العلاقة بين النمو، وظيفة إزالة السموم من الكبد والجودة الفيزيوكيميائية للوسط بحسب الفصول عند نوعين من الأسماك من سد بني هارون: البربل والشبوط الشائع. وقد تم أخذ عينات من الأسماك والمياه على جرعتين (الخريف والشتاء) من واد غار سليم (شرق السد). ثم اخضعت الأسماك لقياسات الطول والوزن لتحديد نموها. باعتبار الكبد عضو رئيسي للتخلص من السموم، تم تشريحه خارج التجويف البطني، ووزنه ومجانسته لمعايرة المواد المتفاعلة مع حمض الثيوباربيتوريك (TBARS). ويصاحب ذلك تحليل فيزيوكيميائي كامل لمياه السد. أظهرت النتائج التي توصلنا إليها تغيرات مظهرية ضمن وبين الأنواع حسب الموسمين، مع نمو متفاوت متغير (نمو في الوزن خلال فصل الخريف و نمو في الطول خلال فصل الشتاء) بالنسبة للبربل، ونمو في الطول بالنسبة للشطوط الشائع. وزن الكبد بالنسبة للجسم (RHS) لم يظهر أي اختلاف مهم بين النوعين، حيث تم الحصول على مؤشر جيد لمعامل الحالة K في الموسمين. المحتوى الكبدي من TBARS متماثل لكلا النوعين خلال فترة الدراسة. مع تغير كبير بين الأفراد. و من جهة أخرى أشار تحليل المياه الى ان النظام البيئي المدروس غير ملائم بمعنى انه يضم معدل كبير من المواد السامة العضوية. النتائج التي توصلنا إليها تظهر التكيف الملحوظ للبربل والشبوط الشائع في وسط عيشهم، مما يدل على درجة من المقاومة للظروف البيئية. ولكن يبدو أن حساسية كل من النوعين للتلوث البيولوجي بسبب المواد السامة لا يعتمد بالضرورة على الاجهاد التأكسدي الكبدي.

الكلمات المفتاحية: سد بني هارون، البربل، الشبوط الشائع، النمو، القياسات الحيوية، الكبد، إزالة السموم، الفصل.

***I**NTRODUCTION*

Introduction

Le milieu aquatique est caractérisé par des habitats (berges, fonds, courants), des populations végétales et animales, et des propriétés physicochimiques de l'eau (température, nutriments, salinité...). Ces composants biotiques et abiotiques constituent tous les écosystèmes aquatiques (**Le Pimpec et al., 2002**). L'écosystème aquatique est le résultat d'un équilibre entre un milieu naturel et les espèces animales et végétales qui y vivent (**Bencherifa et Swearing, 1995**). Il est influencé par des facteurs de changements directs (le changement climatique, les espèces envahissantes, la pêche, la surexploitation et la pollution) et des facteurs de changements indirects (les activités économiques, technologiques, sociopolitiques et culturelles) (**Little et Edwards, 2005**).

Parmi les écosystèmes les plus complexes et les plus dynamiques, ceux des eaux douces gagnent un intérêt majeur en écologie. Ces écosystèmes jouent un rôle essentiel dans la conservation de la biodiversité, le fonctionnement des organismes et le recyclage des matières organiques. Cependant, la présence des facteurs extrinsèques à caractère polluant peut perturber ce rôle.

La pollution est une modification défavorable de l'équilibre naturel de ces écosystèmes. Elle est due à l'introduction de substances polluantes susceptibles de mettre en danger la vie des organismes vivants aussi bien aquatiques que terrestres. Bien entendu, les poissons en représentent une ressource économique de première importance, assurée essentiellement par la pêche et l'aquaculture (**Bruslé et Quignard, 2001**). Leur régime alimentaire est très varié d'une espèce à l'autre. On trouve les omnivores qui se nourrissent d'algues et de débris animaux, les détritivores qui se nourrissent de débris animaux et végétaux en décomposition. Certaines espèces sont carnivores (se nourrissant d'invertébrés et de petits poissons) alors que d'autres sont généralement planctophages (leur régime est à base de zoo- et phytoplancton).

Les besoins alimentaires des poissons varient en fonction de nombreux paramètres, notamment la température du milieu, les soumettant en permanence à des contraintes environnementales très fortes qui conditionnent leur développement. A cet égard, leur croissance est un processus complexe où l'énergie ingérée est en partie convertie en biomasse. L'efficacité de la conversion est régulée par le potentiel de croissance et les différents facteurs abiotiques. Cette croissance dépend aussi de la densité de poissons (présents naturellement ou mis en élevage dans un écosystème aquatique d'eau douce) qui est fonction de la richesse de

l'eau en éléments nutritifs, du mode de gestion écosystématique et de l'intensité de la fertilisation des espèces en question.

La croissance des poissons est représentée par un accroissement progressif en taille et/ou en poids. L'estimation de cette croissance fait partie de la biométrie, une discipline scientifique ayant pour objet l'étude des distributions de la taille et des caractères morphométriques dans les populations d'êtres vivants. La mesure des caractéristiques biométriques individuelles essentielles (longueur et masse) permet de décrire la structure globale des populations en analysant les paramètres qui reflètent la physiologie générale des espèces. Chez les poissons, les relations longueur-masse peuvent déterminer l'état de bien-être et permettre de connaître les limites des interventions piscicoles lorsque la croissance semble être défectueuse (**Rivier, 1996**).

La croissance est assurée en grande partie par une fonction hépatique appropriée lorsque le milieu est favorable. Le foie est le centre principal de détoxification des polluants (xénobiotiques) chez les vertébrés. Cet organe est capable donc de solubiliser les substances toxiques à travers deux phases complexes : une phase d'activation et une phase de conjugaison dont le rôle essentiel de convertir les xénobiotiques en composés plus hydrosolubles en les conjuguant à des molécules endogènes comme le glutathion réduit (GSH) (**Gueguen et al., 2006**). Cette détoxification est accompagnée d'une génération de radicaux libres, aussi appelés les espèces réactives de l'oxygène (*ROS, reactive oxygen species*). L'accumulation de ces radicaux libres dans la cellule mène à un stress oxydatif qui peut engendrer des effets génotoxiques et cytotoxiques variés, tels une dégradation des protéines, une peroxydation des lipides, un dommage à l'ADN, et une morte cellulaire (**Livingstone et al., 2001**). Cet état de stress oxydatif peut être déduit par l'estimation des substances réagissant avec l'acide thiobarbiturique (*TBARS, thiobarbituric acid-reactive substances*) qui sont formées en tant que sous-produits de la peroxydation des lipides.

La pollution aquatique est un facteur majeur du stress oxydatif au sein de la faune aquatique et en particulier chez les poissons. Cependant, lorsque l'organisme fonctionne bien, il y a un équilibre constant entre la production des ROS due aux xénobiotiques et les mécanismes de leur élimination (système antioxydant) (**Yildirim et al., 2011**).

Le site d'investigation expérimentale de la présente étude concerne un écosystème aquatique continental représenté par un lac artificiel : le barrage de Beni Haroun. Ce dernier présente une richesse piscicole non négligeable caractérisée par la présence des espèces de la

famille des Cyprinidés. Notre travail porte sur l'étude comparative de deux espècesensemencées dans ce barrage depuis sa mise en place : le barbeau (*Barbus barbus*) et la carpe commune (*Cyprinus carpio*).

L'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance du pouvoir d'adaptation et de la capacité de croissance chez ces espèces en deux saisons successives, à savoir l'automne et l'hiver. Ceci a été réalisé par un protocole comparatif associant les mesures biométriques et pondérales à la fonction détoxifiante hépatique.

CHAPITRE 1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Présentation de la wilaya de Mila

1.1. Situation géographique

La wilaya de Mila se situe au Nord-Est de l'Algérie à 464 m d'altitude, et à 33 km de la mer méditerranéenne. Elle fait partie de l'Est de l'Atlas tellien par une chaîne de montagnes qui s'étend d'ouest en est sur l'ensemble du territoire nord du pays (ANDI, 2013). Elle occupe 0,14% de la superficie totale du pays. C'est une wilaya de 3481 km² dont la population a été récemment estimée à 775 300 habitants (RGPH, 2008). C'est en découpage administratif de 1984 que Mila a été décomposé en 13 Daïras et 32 Communes (Chaâlal, 2012). Elle est limitée par 6 wilayas (Figure1) :

- Au nord-ouest par la wilaya de Jijel.
- Au nord-est par les wilayas de Constantine et Skikda.
- Au sud-ouest par la wilaya de Sétif.
- Au sud-est par les wilayas d'Oum El-Boughi et Batna.



Figure 1. Situation géographique de la wilaya de Mila.

1.2. Climat général

La région de Mila bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride à hiver doux pluvieux et été chaud et sec (Mebarki, 2004). Il est globalement caractérisé par deux saisons nettement distinctes : l'une humide et pluvieuse s'étendant de novembre à avril, l'autre chaude et sèche

allant de mai à octobre (Figure 2). La région reflète par sa situation des températures différentes à caractère méditerranéen modéré au cours de l'année. La pluviométrie à Mila est inégalement répartie à travers les mois de l'année, et les précipitations sont naturellement cantonnées dans le semestre frais qui débute en Novembre et se termine en Mars (ONM, 2007).

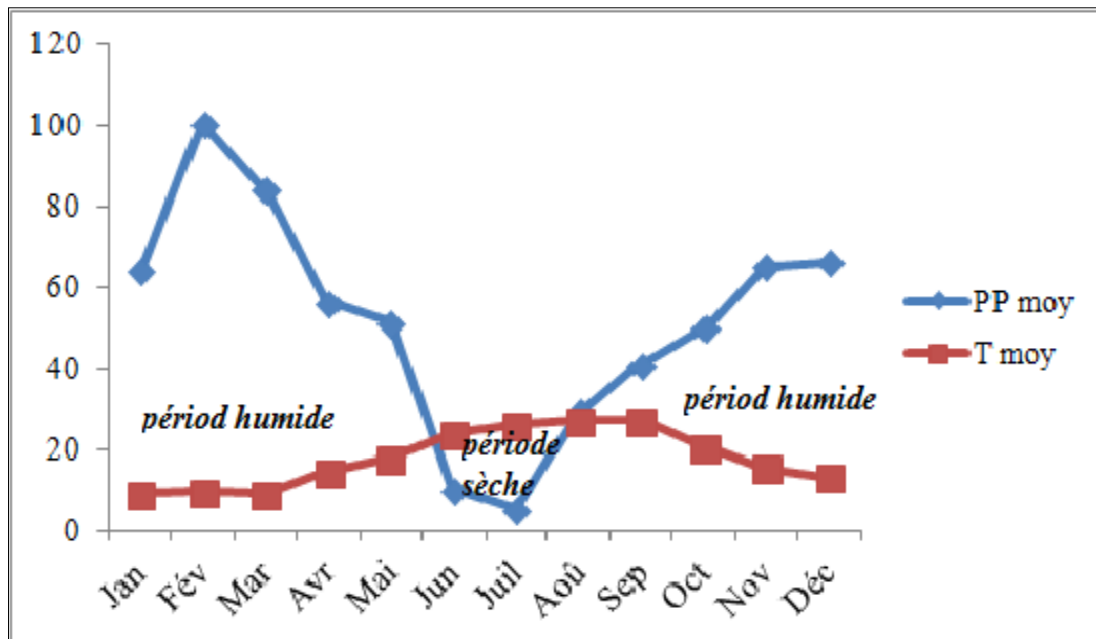


Figure 2. Diagramme ombrothermique de Gaussen durant l'année 2015 dans la région de Mila (ONM, 2015). PP MOY : Précipitations moyenne en millimètres, T MOY : Température moyenne en degrés Celsius.

2. Description de la zone d'étude : le barrage de Beni Haroun

2.1. Situation géographique

Le barrage de Beni Haroun est situé au Nord-Est du chef-lieu de la wilaya dont il est distant de moins de 15 Km. Il est implanté dans la commune de Hamala, Daïra de Grarem Gouga (DTM, 2008).

Il est situé sur l'Oued El Kébir et alimenté par deux bras principaux d'Oued Rhumel et Oued Endja (Nord-Ouest de la région de la wilaya). Sa mise en eau a commencé en Août 2003 et se poursuit lentement par étape jusqu'à ce jour (ANBT, 2015). En 2012, sa réserve en eau a atteint 1 milliard de m³. Il constitue la pièce maîtresse du grand projet structurant de transfert régional d'eau visant l'alimentation en eau potable de pas moins de cinq millions de personnes des wilayas de Mila, Constantine, Jijel, Oum El-Bouaghi, Khenchela et Batna.

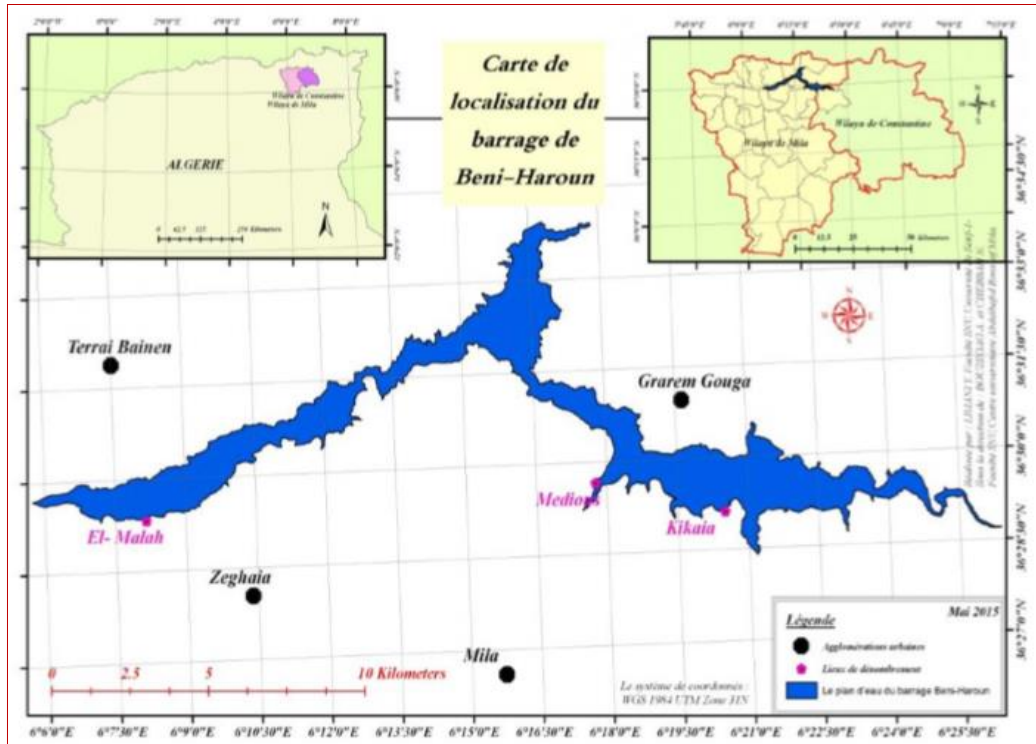


Figure 3. Localisation géographique du barrage de Beni Haroun (ANBT, 2015).

2.2. Caractéristiques principales

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques générales de la zone d'étude :

Tableau 1. Caractéristiques principales du barrage de Beni-Haroun (ANBT, 2014).

Caractéristiques	
Superficie	5328 km ²
Longueur du thalweg principal	190 km
Altitude	150 – 1400 m
Pluviométrie moyenne naturelle sur la retenue	744 mm
Volume utile	735,5 Hm ³
Volume total	997,9 Hm ³

2.3. Climat local

Le climat est le principal facteur de contrôle de la répartition et de la dynamique des écosystèmes. Il se manifeste par les échanges d'énergie et les échanges d'eau avec le milieu lacustre (**Levêque, 1996**). La pluviométrie moyenne annuelle du barrage de Beni Haroun est de 744 mm. La précipitation moyenne mensuelle (2011-2014) varie entre 2,25 mm en Juillet et 148,12 mm en Février (Figure 4). Pour ce qui est du régime saisonnier de la région d'étude, on distingue des précipitations élevées pendant l'hiver avec 304,24 mm, soit 46% des

précipitations annuelles, alors que les faibles valeurs sont enregistrées en été avec 27,37 mm, soit 4 % sur l'année (SMBBH, 2015).

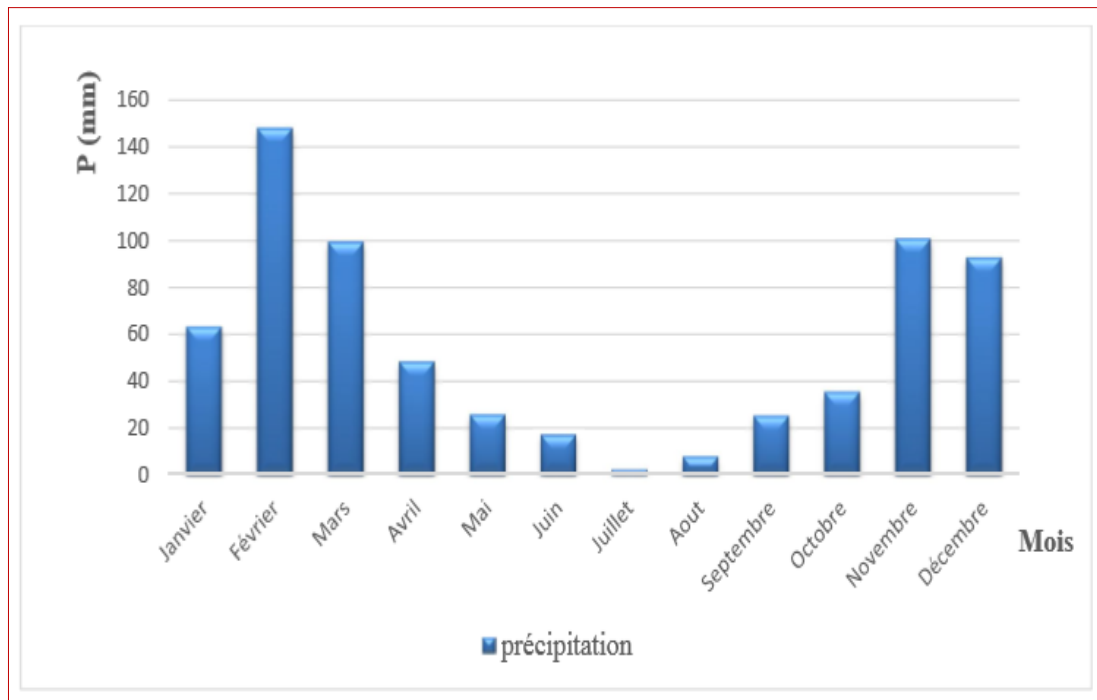


Figure 4. Variation moyenne mensuelle des précipitations au niveau du barrage de Béni Haroun entre 2011 et 2014.

Les températures moyennes mensuelles relevées par la station météorologique du barrage de Beni Haroun durant la période 2011-2014 montrent que les valeurs maximales et minimales sont respectivement de 27,19 et 6,76 C°. Par ailleurs, la moyenne annuelle est de 16,33 C°. Le mois de Février présente les plus basses températures, alors que le mois d'Août présente les plus hautes températures.

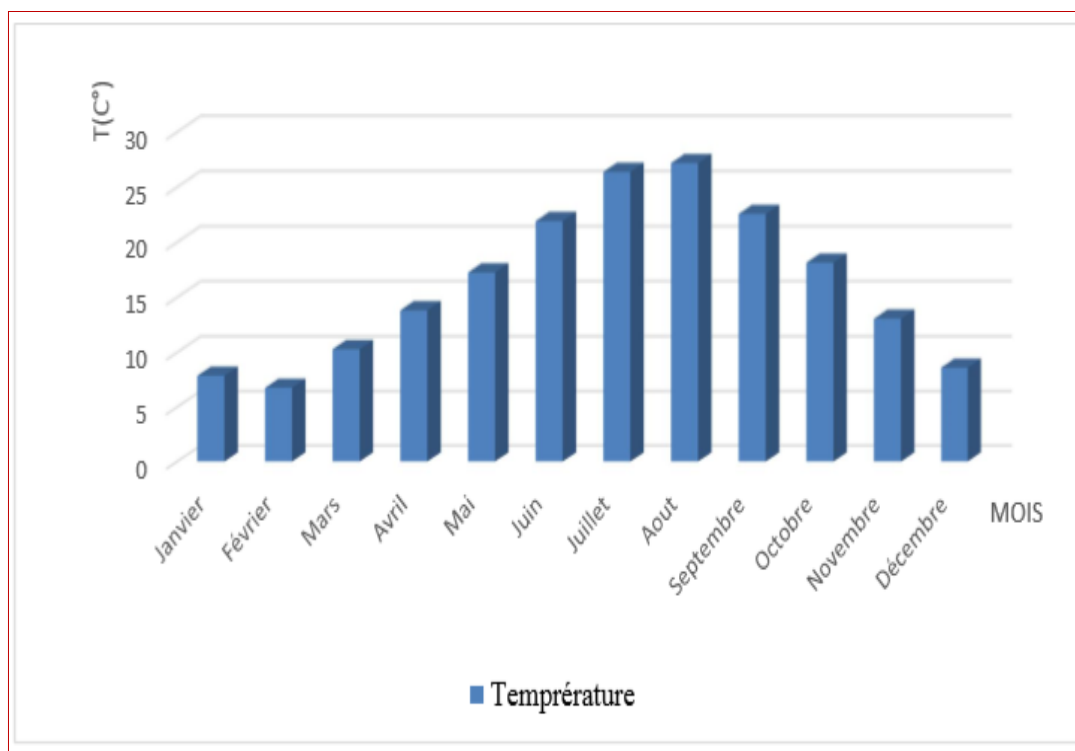


Figure 5. Variation moyenne mensuelle de la température de l'air au niveau du barrage de Béni Haroun entre 2011 et 2014.

3. Biodiversité piscicole dans le barrage de Beni Haroun

Les espèces de poissons qui vivent dans ce barrage appartiennent à la famille des Cyprinidés, communément connus par l'appellation « poissons blancs ».

3.1. Généralités sur la famille des Cyprinidés (poissons blancs)

Les poissons dits blancs (couleur blanche due aux cristaux de guanine concentrés dans leurs écailles, qui est caractéristique des ablettes, vandoises et gardons, mais ne s'applique pas à nombre d'entre eux comme les carpes, tanches et barbeaux) appartiennent à la vaste famille des cyprinidés, l'une des plus importantes familles de poissons d'eau douce (**Zardoya et Doadrio, 1999**).

La famille des cyprinidés sont tous des poissons d'eau douce et seules quelques espèces sont capables de s'aventurer dans les eaux saumâtres des estuaires. Il s'agit de la plus grande famille de poissons du monde, comprenant quelques 275 genres et environ 2000 espèces. C'est la principale famille des eaux douces européennes du point de vue du nombre des espèces (**Maitland, 1987**). Les cyprinidés ont l'originalité de posséder un système reliant l'oreille à la vessie gazeuse : c'est ce que l'on appelle l'appareil de Weber qui est formé de

pièces osseuses dérivées des 4 à 5 premières vertèbres et a pour fonction de permettre la transmission des vibrations reçues par la vessie gazeuse à l'oreille, ce qui permet d'améliorer les capacités auditives de ces poissons (**Chardon et Vandewalle, 1997**). Tous les cyprinidés sont pourvus de dents pharyngiennes et ne possèdent pas de dents sur les mâchoires. Ils affectionnent généralement des eaux tièdes, courantes ou stagnantes. (**Mann et al., 1998**). Leur reproduction est très dépendante des facteurs environnementaux, la maturation sexuelle et la ponte réclamant des températures tièdes à chaudes, de façon à produire des larves et des juvéniles de la fin du printemps à l'été (**Billard et al., 1978**). Leur nourriture est généralement benthique et très diversifiée (régimes généralistes à tendance omnivore ou euriphage, mais aussi herbivore, carnivore, planctophage et benthophage) (**Junger, 1989 ; Sibbing et Uribe, 1985**).

3.2. Espèces de poissons présentes dans le barrage

Sept (7) espèces de poissons ont étéensemencées dans ce barrage (**DPM, 2015**) :

3.2.1. La carpe commune

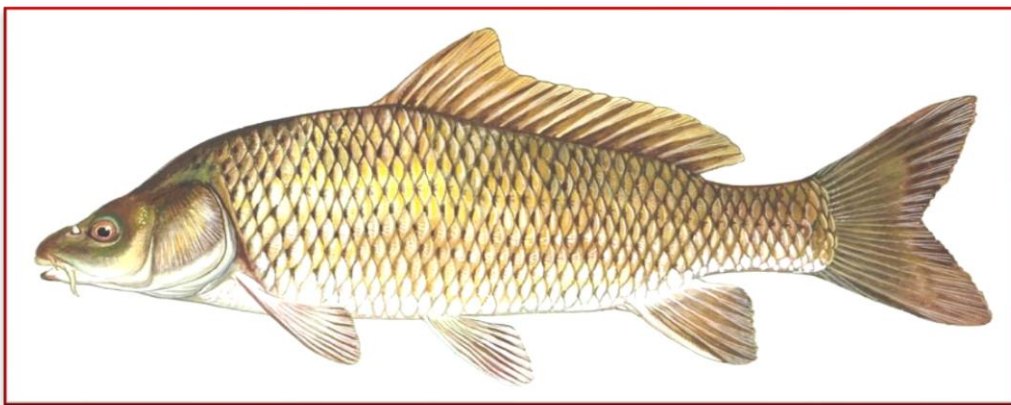


Figure 6. La carpe commune (*Cyprinus carpio*).

Nom scientifique : *Cyprinus carpio*.

Taille : 50-60 cm.

Poids maximum : 28 kg.

Couleur : Brune à reflets dorés, avec ventre plus clair.

Corps : allongé.

Tête : conique portant des barbillons.

Période de ponte : Mai- Juillet.

Régime alimentaire : Omnivore.

Répartition : Barrage de Beni Haroun, Grouz, Barrage réservoir, Retenue collinaire Oued Gueloun, Mini barrage Oued Taourit.

3.2.2. La carpe royale



Figure 7. La carpe royale (Cyprinus carpio carpio).

Nom scientifique : *Cyprinus carpio carpio*.

Taille : 50-60 cm.

Poids maximum : 28 kg.

Couleur : Brune à reflets dorés, avec ventre plus clair.

Corps : allongé.

Tête : conique portant des barbillons.

Période de ponte : Mai – Juillet.

Régime alimentaire : Omnivore.

Répartition : Barrage de Beni Haroun, Grouz, Barrage réservoir, Retenue collinaire Oued Gueloun, Mini barrage Oued Taourit.

3.2.3. La carpe argentée



Figure 8. La carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*).

Nom scientifique : *Hypophthalmichthys molitrix*.

Taille : 1 m.

Poids maximum : 40 kg.

Couleur : Gris cendré.

Corps : massif, la ligne latérale bien visible s'incurve vers le bas.

Tête : grosse tête, portant deux petits yeux tournés vers le bas.

Régime alimentaire : Omnivore.

Période de ponte : Mai- Juin.

Répartition : barrage de Beni Haroun.

3.2.4. La carpe à grande bouche



Figure 9. La carpe à grande bouche (*Aristichthys nobilis*).

Nom scientifique : *Aristichthys nobilis*.

Taille : 1,2 m.

Poids maximum : 40 kg.

Couleur : grisâtre.

Corps : massif.

Tête : grosse tête, de large bouche. Portant deux petits yeux tournés vers le haut.

Régime alimentaire : Omnivore.

Période de ponte : Mai- Juillet.

Répartition : barrage de Beni Haroun.

3.2.5. Le barbeau

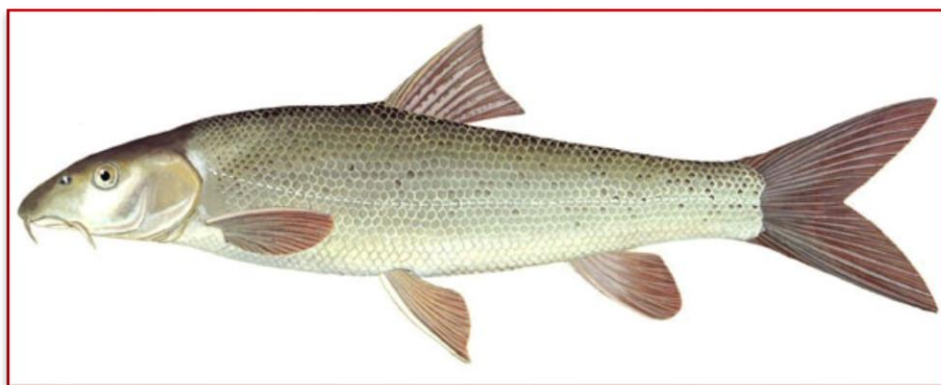


Figure 10. Le barbeau (*Barbus barbus*).

Nom scientifique : *Barbus barbus*.

Taille : 30-40 cm jusqu'à 1m.

Poids maximum : 12 kg

Couleur : brune à vert bronze, avec reflets dorés caractéristiques, ventre crème ou jaunâtre.

Corps : fuselé mais massif, au pédoncule caudal épais.

Tête : conique, pointue, 4 barbillons caractéristiques.

Période de ponte : mi-juillet.

Régime alimentaire : détritivore.

Répartition : barrage de Beni Haroun, Grouz.

3.2.6. Le carassin



Figure 11. Le carassin (*Carassius carassius*).

Nom scientifique : *Carassius carassius*.

Taille : 20-35 cm.

Poids maximum : 1.5 kg.

Couleur : brune, dos foncé et flancs à reflets dorés.

Corps : arrondi, assez bossu à grosse écailles très visible ; pédoncule caudale épais.

Tête : conique, massive bouche petite.

Régime alimentaire : Omnivore.

Période de ponte : Mai-Juin.

Répartition : barrage de Beni Haroun, Grouz, barrage réservoir, mini barrage Oued Taourit.

3.2.7. La brème



Figure 12. La brème (*Abramis brama*).

Nom scientifique : *Abramis brama*.

Taille : de 30-40 cm jusqu'à 70cm.

Poids maximum : 3kg.

Couleur : grise, assez terne.

Corps : ovoïde, comprimé latéralement ; dos bossu.

Tête : petite, à bouche peu fondu.

Régime alimentaire : omnivore.

Période de ponte : Mai-Juin.

Répartition : barrage de Beni Haroun.

4. Espèces étudiées et adaptation à l'environnement

4.1. Particularités biologiques des espèces étudiées

4.1.1. La carpe commune *Cyprinus carpio*

4.1.1.1. Systématique

La classification de *Cyprinus carpio* est présentée comme suit (Tableau 2) :

Tableau 2. Classification de *Cyprinus carpio* (D'après Nelson, 1994).

Phylum	Sous-classe	Infra-classe	Ordre	Sous-ordre	Famille	Genre espèce
Cordés	Actino-ptérygiens	Téléostéens	Cyprini-formes	Cyprinoides	Cyprinidés	<i>Cyprinus carpio</i>

4.1.1.2. Morphologie

La carpe commune a un corps massif, moyennement élevé, en forme de torpille et légèrement comprimé latéralement. Les caractéristiques morphologiques sont : une bouche terminale protractile de 4 barbillons sensoriels (un long à chaque commissure et 2 plus courts à la lèvre supérieure), pas de dents buccales mais des dents pharyngiennes, grandes écailles cycloïdes solidement implantées recouvrant tout le corps sauf la tête, ligne latérale bien évidente, nageoire dorsale longue tronquée dépourvue de rayons épineux, nageoire caudale bien échancrée, dents pharyngiennes et muscles pharyngiennes très puissants (Sibbing, 1982), absence d'estomac (Sibbing, 1985) mais un intestin long avec plusieurs anses intestinales faisant des boucles complexes (Junger, 1989).

4.1.1.3. Habitat

La carpe commune fréquente les eaux tièdes ou chaudes, stagnantes (lac, étranges, réservoirs) ou lentes, à fonds sablonneux ou vaseux riches en végétation aquatique, affectionnant particulièrement les eaux chaudes (**Escudero, 1997**).

4.1.1.4. Mode de vie

A. Régime alimentaire

Le régime alimentaire de la carpe commune évolue avec l'âge. Il est omnivore (polyphage) à forte tendance carnivore, et non pas herbivore comme on le croit généralement. Elle possède un large spectre alimentaire, avec une préférence pour la nourriture benthique la plus disponible au moindre effort : proies animales et végétales benthiques (crustacés ostracodes, mollusques : escargots, limnées, larves et pupes d'insectes, algues chlorophycées et cyanophycées) (**Billard, 1995**). L'activité alimentaire est dominante au début et à la fin de la journée et la nuit, elle est très élevée durant l'été, mais elle cesse de se nourrir à des températures inférieures à 6 °C.

B. Reproduction

L'âge de première maturation sexuelle est de 2-5 ans pour les mâles et de 3-6 ans pour les femelles (moins en région tempérée chaude et tropicale, soit respectivement 1 et 2 ans) (**Crivelli, 1981**). La maturation sexuelle et la ponte chez la carpe commune sont réglées par le facteur thermique (températures tièdes à chaudes : $> 15^{\circ}\text{C}$) qui constitue le facteur primordial de contrôle de la reproduction (**Davies et al., 1986**).

La fécondité de la femelle est très élevée (80000 à 150000 ovocytes/kg de poids frais de la femelle). La mortalité pendant la phase embryonnaire atteint souvent 99% (**Osse et Vanden, 1995**). La ponte se déroule de mai à juillet, voire de mars à août selon les régions (**Crivelli, 1981 ; Jankovic, 1971**). La maturation ovarienne est asynchrone, faite de vagues successives d'ovocytes et la ponte est de ce fait fractionnée. Chaque femelle dépose ses œufs en 2 à 3 fois sur une période de 10 à 14 jours (**Balon, 1995**). Les œufs ont un diamètre de 1,2 à 1,8 mm qui augmente avec l'âge de la femelle (**Nikolsky, 1963**).

C. Développement et croissance

L'incubation est de 70–100 degrés-jours. L'éclosion à 20°C se produit après 4-5 jours environ sous nos climats. Les larves mesurent 4,5 à 6 mm. Après l'éclosion, elles sont d'abord fixées aux plantes aquatiques puis libres, la résorption du vitellus se faisant après 3-4 jours à

20°C. Elles se nourrissent de plancton (rotifères de 50-150 µm). Enfin, elles deviennent benthophages et omnivores à une taille de 2 cm.

La croissance larvaire est rapide dans des eaux tièdes. Ses modalités témoignent d'allométries positives répondant à des priorités vitales, privilégiant les systèmes organiques favorisant la prise alimentaire précoce (région céphalique avec développement des yeux pour le repérage des proies et de l'ouverture buccale en rapport avec une prise alimentaire des proies par succion) et optimisant le développement de la région caudale en vue d'une activité de nage permettant d'échapper aux prédateurs (nage accélérée par saccades) (Osse et al., 1997).

4.1.2. Le barbeau *Barbus barbus*

4.1.2.1. Systématique

La systématique du genre *Barbus* se trouve confrontée à différentes classifications. Nous présentons ci-dessous la classification de *Barbus barbus* selon **Linnaeus (1758)** (Tableau 3) :

Tableau 3. Classification de *Barbus barbus* (d'après Linnaeus, 1758).

Phylum	Sous-classe	Infra-classe	Ordre	Super-ordre	Famille	Genre espèce
Cordés	Néo-ptérygiens	Téléostéens	Cyprini-formes	Ostario-physiens	Cyprinidés	<i>Barbus barbus</i>

4.1.2.2. Morphologie

Le barbeau a une forme élancée avec un corps allongé, cylindrique et fin, caractères d'un bon nageur. Le profile ventrale rectiligne relève d'une adaptation à une vie sur le fonds. Le dos est légèrement bombé. La tête est longue à museau allongé avec un œil relativement petit. La bouche est inférieure à lèvres épaisses charnues avec 2 barbillons sur le bord de la lèvre supérieure. Les écailles sont petites. La nageoire dorsale est haute et courte, étroite à sa base dont le dernier rayon est ossifié et denticulé (**Linnaeus, 1758**).

4.1.2.3. Habitat

Le barbeau fréquente le milieu à courant rapide et à eaux vives (rhéophile), pures, fraîches et assez bien oxygénées, avec des fonds de roches, de cailloutis et de graviers ou de sable dans la zone à barbeau. Il fréquente donc les faciès de type radiers et rapide, mais il supporte aussi des eaux tranquilles (**Philippart et Baras, 1989**). Ses préférences d'habitat ont

été précisées par **Pouilly (1994)** et ses choix de faciès par **Kraiem (1979)**. Ce poisson est aussi thermophile dont il supporte des températures jusqu'à 29-30 °C (**Leynaud et Allardi, 1975**). En période de fraye, les géniteurs accomplissent des déplacements d'assez grande amplitude (plusieurs km) et regagnent leur habitat de départ (homing). Les juvéniles recherchent des zones peu profondes et peu courantes, proches des rives tandis que les poissons plus âgés fréquentent des eaux plus profondes dans le chenal principal (**Watkins, 1997**).

4.1.2.4. Mode de vie

A. Régime alimentaire

Le barbeau est omnivore à dominance carnée (zoophage) (**Kraiem, 1980**). Les proies qu'il prélève en fouissant le fond ou prospectant des herbiers (renoncules, potamogetons, myriophylles) sont diversifiées. Il est considéré comme un suceur de proies benthiques : larves d'insectes (diptères chironomidés et simuliidés, éphéméroptères, trichoptères phryganes) oligochètes, nématodes et parfois gammarès, écrevisses, mollusques et d'autres poissons (**Kraiem, 1980**). Son activité trophique serait, pour des températures supérieures à 10 °C, plutôt à rythme bimodale (crépusculaire et nocturne), tandis que durant l'automne et l'hiver, le pic d'activité alimentaire se limiterait à l'après-midi et que toute activité trophique cesse au-dessous de 4°C. Durant l'été et l'automne, il sélectionne des eaux courantes peu profonde pour sa recherche de nourriture, à l'aube et au crépuscule, se retirant le reste du temps dans des habitats plus profonds, plus riche en abris et à vitesse de courant plus faible, situés à proximité de ses aires trophiques, habitats pour lesquels il manifeste une grande fidélité assimilée à une sorte de homing (**Baras, 1997 ; Philippart et Baras, 1996**).

B. Reproduction

La première maturité sexuelle est atteinte à partir de 35 cm. elle est tardive : 7-8 ans chez les femelles, 4-5 ans chez les males. La maturation sexuelle est induite par une température et une photopériode croissantes (jours longs et eaux chaudes). Ces paramètres contrôlent le cycle reproducteur annuel, synchronisent les activités sexuelles et favorisent une incubation et un développement embryonnaire et larvaire aux conditions thermiques optimales assurant une croissance rapide, donc un taux de survie élevé. Les mâles portent des tubercules nuptiaux sur la tête et les flancs. Le barbeau est un genre lithophile. L'éclosion des œufs se produit deux semaines après la fécondation (**Poncin, 1997**).

La ponte se déroule en mai-juin jusqu'au début juillet. Généralement, la ponte débute dès que la température des eaux est supérieure à 13,5 °C et se poursuit tant que ce seuil thermique est maintenu, un arrêt se produisant lors de tout abaissement de température (**Baras et Philippart, 1999**). Elle est diurne (avec évitement des fortes intensités lumineuses et préférence pour le matin et le crépuscule) et nocturne (le pic se situant alors 2-3 h après le coucher du soleil). La fécondité des femelles varie de 7000 ovocytes (à 15 cm) à 13000 ovocytes (à 25 cm). Les œufs mesurent 1,75 à 2,2 mm de diamètre (**Poncin, 1994**).

C. Développement et croissance

L'incubation dure 1-3 semaines selon la température, celle inférieure à 13,3 °C étant considérée comme létale pour les embryons (**Baras, 1994**). Les alevins post-émergents sont photophobes. La croissance est plus rapide chez les femelles que chez les mâles. La croissance des petits juvéniles ne peut s'effectuer qu'à des températures supérieures à 13,5 °C, une certaine stabilité thermique au-dessus de ce seuil conditionne le succès du recrutement (**Baras et Philippart, 1999**). La fragilité écologique des stades précoces serait compensée par une bonne synchronisation (thermique et périodique) de maturation et de regroupement des géniteurs et par un fort taux d'occupation des frayères (**Baras, 1993**).

4.2. Anatomie générale des poissons

4.2.1. Anatomie externe

On énumère ci-dessous les principaux indices de l'anatomie externe des poissons (Figure 13) :

- ✓ **Les nageoires pectorales** : se situent près de la tête (en double) et servent à changer de direction et au freinage.
- ✓ **La nageoire anale** : se trouve entre l'anus et la queue et sert à maintenir la position verticale.
- ✓ **Les nageoires ventrales** : se trouvent sous le ventre (en double) et servent à se déplacer dans toutes les directions en stabilisant la position ventrale.
- ✓ **La nageoire dorsale** : se trouve sur le dos et sert à maintenir aussi la position verticale.
- ✓ **La nageoire caudale** : se situe au niveau de la queue et sert à changer de direction et propulser l'animal dans l'eau (**Anonyme #1, 2015**).
- ✓ **Les écailles** : sont des formations osseuses logées dans la peau du poisson. Elles sont dures mais souples pour permettre les mouvements du poisson.

- ✓ **Les opercules** : de chaque côté de la tête sont situés les opercules, ils protègent les branchies et assurent la circulation de l'eau par des mouvements réguliers qui permettent aux branchies d'être toujours en contact avec l'eau pour en extraire l'oxygène.
- ✓ **La bouche** : est garnie de dents qui servent à la préhension des proies (**Daget, 1967**).
- ✓ **Les lignes latérales** : dessinées de façon symétrique des deux côtés du corps du poisson et plus ou moins visibles selon les espèces. Elles détectent les vibrations de l'eau, les analysent et les transmettent au cerveau.
- ✓ **Les barbillons** : peuvent être ramifiés au niveau de la bouche (**Anonyme #2, 2015**).
- ✓ **L'anüs** : est en fait une papille regroupant les orifices urinaire, génitale et anal (**Daget, 1967**).

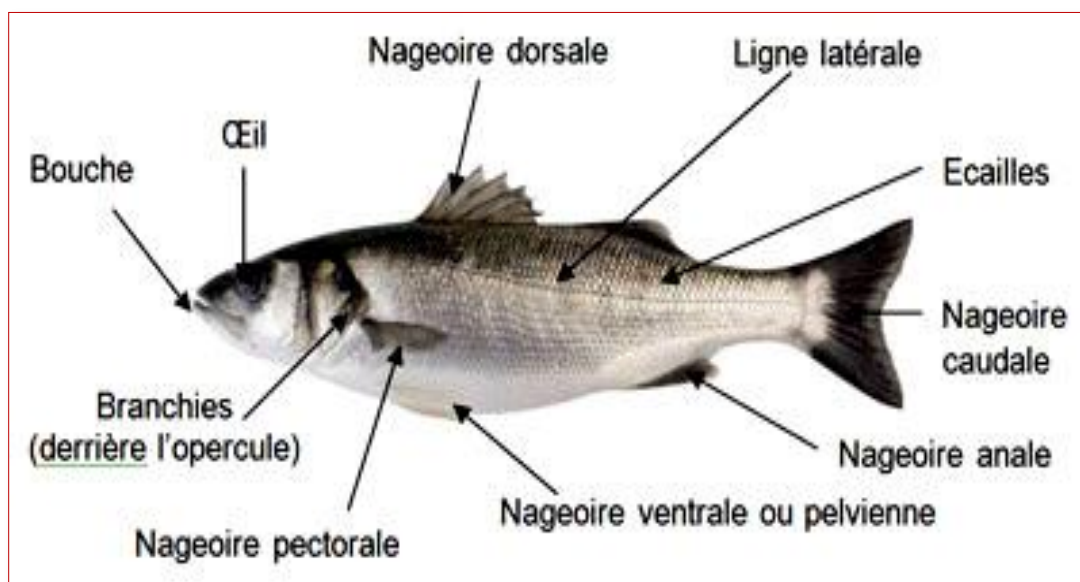


Figure 13. Anatomie externe d'un poisson osseux (**Anonyme #3, 2015**).

4.2.2. Anatomie interne

On décrit ci-dessous la localisation et le fonctionnement physiologique des principaux organes internes des poissons (Figure 14) :

- ✓ **Le cœur** : est situé sous les mâchoires qui sont au-dessous des ouïes. Le cœur du poisson est conçu pour une circulation unique. Chez les poissons osseux, il consiste en deux cavités contigües qui pompent le sang des veines vers les branchies à travers l'aorte ventrale. Il est encore enfermé dans un sac formé d'une pellicule très mince qui est proprement son péricarde (**Huss, 1988**).

- ✓ **Les branchies** : Les branchies sont des organes respiratoires internes ou externes permettant aux animaux aquatiques de respirer en extrayant l'oxygène de l'eau (Jennifer et al., 2013).
- ✓ **Le foie** : est petit, presque entièrement situé à la droite de l'œsophage. Il est mince, triangulaire et terminé en pointe assez aiguë. Sa partie antérieure s'épaissit un peu et se porte vers le côté gauche (Tome, 1847).
- ✓ **L'estomac** : sa forme est très diverse, allant d'un simple renflement se transformant en poche allongée quand l'organe se remplit, à une poche bien individualisée. Elle peut avoir une forme coudée et généralement séparé de l'intestin par une valvule ou un sphincter pylorique, L'estomac reçoit et digère l'aliment (Guillaume et al., 1999).
- ✓ **Les gonades** : testicules ou ovaires selon le sexe. Ce sont des organes allongés qui communiquent avec l'extérieur par le pore génital situé proche de l'anus.
- ✓ **L'intestin** : relié à l'estomac, sa longueur est très variable. En fait, il existe une relation entre la longueur de cet organe par rapport à celle du corps et le régime alimentaire. L'intestin se termine par l'anus (Guillaume et al., 1999).
- ✓ **La vessie natatoire** : une poche de gaz constitué d'un mélange d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique en proportions variables. Elle est formée d'une membrane muqueuse interne et d'une tunique fibreuse extérieure luisante d'un blanc éclatant. Cet organe permet au poisson de flotter dans l'eau (Blanchard, 1966).

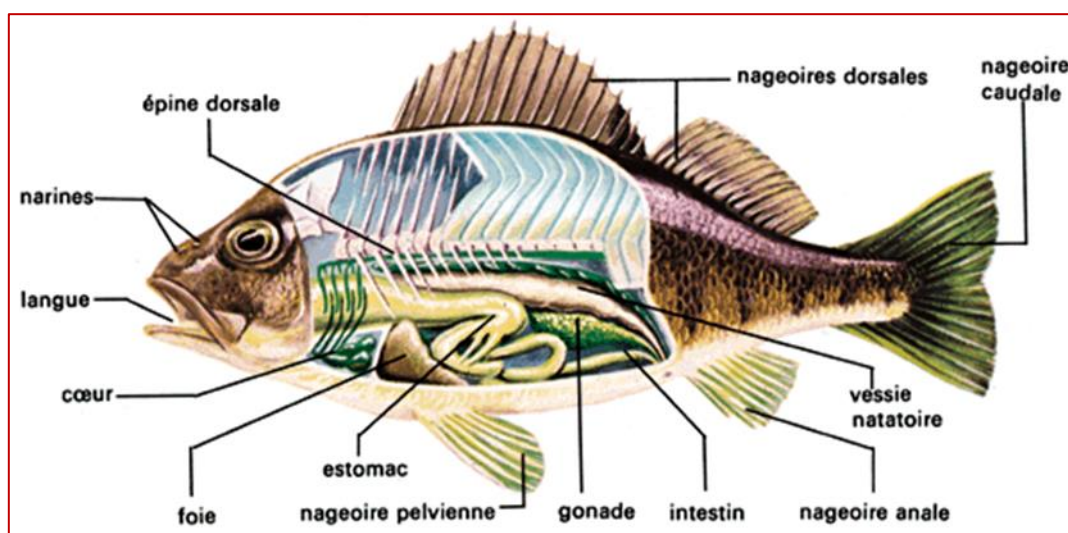


Figure 14. Anatomie interne d'un poisson osseux (Anonyme #3, 2015).

4.3. Rôle du foie dans l'adaptation environnementale

Le foie, d'origine endodermique, est entouré d'une fine capsule fibroconjonctive, et occupe toujours une place importante dans la cavité abdominale (**Genten et al, 1887**). Il est situé en face de l'estomac qui le sépare du cœur comme chez les mammifères, mais cette cloison n'étant que membraneuse et non musculuse (**Crochard et Libraires, 1835**). Il occupe une position stratégique entre l'intestin et la circulation générale dont il reçoit par voie sanguine tout le matériel absorbé au niveau de l'épithélium intestinal (**Beaumont et Cassier, 2009**).

La forme de cet organe varie beaucoup, mais il est ordinairement oblong comme la cavité abdominale, et représente une masse convexe en dessus et une masse concave en dessous, avec deux grosses moitiés presque séparées dont chacune se compose d'un petit lobe et d'un autre grand et oblong avec une couleur jaunâtre, rougeâtre ou brunâtre (**Carus et Jourdan, 1835**).

La composition du foie est très variable en fonction des espèces mais aussi au sein d'une même espèce. Cependant, il est possible de dire qu'il est composé en moyenne de 50 à 60% de lipides, de 30 à 40% d'eau et de 5% à 10% de protéines (**Causey Whittow, 1999**).

Le foie remplit de multiples fonctions (stockage de glucide, homéostasie, détoxification et excrétion) et joue aussi un rôle clé dans la synthèse des protéines sériques telles l'albumine, le fibrinogène et les facteurs du complément (**Genten et al, 1887**). C'est une glande intestinale à sécrétion externe et interne (**Beaumont et Cassier, 2009**) :

- La sécrétion externe produit la bile et joue cependant un rôle important dans la digestion des graisses en activant la lipase pancréatique, et dans leur absorption en les émulsionnant. La bile est aussi un produit d'excrétion qui assure l'élimination de certaines substances toxiques.
- La sécrétion interne produit un ensemble de substances métaboliques (glucose, lipoprotéines, protéines plasmatiques) synthétisées à partir des produits de la digestion .

Cet organe assure également le rôle vital de débarrasser le sang des complexes immuns, des complexes d'ADN, des virus, des organites, des protéines plasmatiques et des hormones peptidiques. Bien que les cellules sinusoidales contribuent peu aux réserves hépatiques en

glycogène, elles jouent un rôle important dans les processus d'épuration. En revanche, la capacité des cellules parenchymateuses à intervenir dans l'épuration des macromolécules est limitée. Par conséquent, les particules et les autres complexes macromoléculaires sont éliminés de la circulation par phagocytose, principalement par les cellules de kupffer (**Ballet et Thurman, 1957**).

En plus, le foie est le principal organe impliqué dans la métabolisation des xénobiotiques. Certains composés sont transformés en métabolites pharmacologiquement actifs ou en métabolites toxiques par les hépatocytes. Le foie se caractérise par son hétérogénéité cellulaire et par la multiplicité de ses fonctions, la plupart de celles-ci étant assurée par les hépatocytes qui ne représentent pourtant que les deux tiers environ de la population cellulaire totale de cet organe (**Carnevali et al., 1992 ; Idler et Campbell, 1980 ; Le Menn, 1979**).

4.3.1. Importance métabolique du foie

4.3.1.1. Définition du métabolisme

Le métabolisme est l'ensemble des réactions chimiques se produisant dans la cellule et peut être divisé en catabolisme et anabolisme. Dans le catabolisme, la complexité des molécules diminue et de l'énergie libre est rendue disponible. L'énergie peut aussi provenir de la lumière solaire (photosynthèse) ou de l'oxydation d'aliments inorganiques. L'anabolisme est l'utilisation de l'énergie libre pour augmenter la complexité des molécules (**Claire et al., 2003**).

4.3.1.2. Voies métaboliques hépatiques

Tous les aliments absorbés au niveau intestinal passent par le foie qui les filtre, les transforme et les répartit au sein de l'organisme (**Anonyme #4, 2005**). Le foie joue un rôle essentiel dans l'apport d'énergie aux organes périphériques et le maintien de l'homéostasie en régulant la synthèse ou le stockage de diverses molécules. Le foie est groupé avec la vésicule biliaire pour agir dans la digestion et la production d'enzymes digestives. Il détruit les globules rouges, synthétise l'urée afin d'excréter les déchets azotés et intervient dans le métabolisme et le stockage des vitamines. Il produit entre autres des substances protectrices et antitoxiques qui vont capturer, transformer et rendre inoffensifs les toxiques ingérés (**Causey Whittow, 1999**).

A) Le métabolisme glucidique

Chez tout être vivant, il est critique de maintenir le niveau de glucose dans le sang dans une gamme très étroite. Le maintien du taux de glucose sanguin que ce soit sur une courte ou une longue période est une fonction importante du foie (**Anonyme #4, 2005**). Les hépatocytes contiennent des douzaines d'enzymes qui s'autorégulent ou se régulent entre-elles afin de permettre d'augmenter ou de diminuer le taux de glucose pour rester à un taux normal. En cas d'excès de glucose, notamment après une prise alimentaire, le glucose est rapidement pris en charge par le foie et va être séquestré sous la forme de glycogène. Il s'agit de la glycogénèse (**Causey Whittow, 1999**). Quand le taux de glucose commence à diminuer, le foie mobilise d'autres voies métaboliques qui vont mener à la dépolymérisation du glycogène, il s'agit de la glycogénolyse. Le glucose ainsi formé va être exporté du sang pour aller vers d'autres tissus. Quand les réserves de glycogène sont vides, le foie a aussi la capacité de synthétiser du glucose à partir d'acides aminés et des carbohydrates, il s'agit de la gluconéogenèse (**Anonyme #3, 2005**).

B) Le métabolisme protéique

Le foie permet la désamination et la transamination des acides aminés pour permettre leurs utilisations dans la néosynthèse du glucose et des lipides. Il permet l'utilisation de groupements ammonium dans le corps pour la synthèse de l'urée (**Anonyme #5, 2005**). L'ammonium est un élément très toxique pour l'organisme et donc doit être expulsé ou inactivé pour éviter des maladies touchant le système nerveux central. Le foie joue aussi un rôle dans la synthèse des acides aminés non-essentiels. Enfin, les hépatocytes sont responsables de la synthèse de la plupart des protéines plasmatiques comme l'albumine.

C) Le métabolisme lipidique

Dans le métabolisme des graisses, le foie a un rôle majeur dans l'oxydation des triglycérides pour produire de l'énergie. En effet, il décompose de nombreux acides gras, plus que ce dont les hépatocytes ont besoin. Les acides gras vont donner des acéto-acétates qui vont être exportés en grande quantité vers le sang où ils seront répartis dans l'organisme pour intervenir dans d'autres voies métaboliques comme la lipogenèse. Le foie est aussi capable de synthétiser des lipoprotéines et de nouveaux acides gras. Les acides gras ainsi formés vont se complexer *via* la lipoprotéine lipase en triglycérides et seront soit sécrétés soit stockés. Par ailleurs, le foie est l'organe qui permet de convertir l'excès des glucides et des protéines en acides gras et triglycérides pour servir les besoins énergétiques de l'organisme (**Anonyme #5, 2005**).

4.3.2. Détoxification des xénobiotiques

Un xénobiotique est une molécule chimique polluante (notamment les pesticides et les médicaments) et parfois toxique à l'intérieur d'un organisme, y compris en faibles voir très faibles concentrations. Cette toxicité s'explique parfois par l'absence d'adaptation d'organismes qui n'ont jamais rencontré une telle substance lors de leur évolution, par des phénomènes naturels de rejets liés à l'immunité, par des actions de perturbation endocrinienne du xénobiotique, ou encore pour des raisons toxicologiques (toxicité intrinsèque du xénobiotique ou sa capacité à agir en synergie avec un autre polluant) **(Mansuy, 2013)**.

Pour assurer l'élimination des xénobiotiques, le foie intervient en plusieurs étapes pour transformer la substance initialement toxique en un dérivé soluble pouvant être éliminé par les urines et les matières fécales. La plupart de ces molécules toxiques sont en effet liposolubles, expliquant d'ailleurs qu'elles s'accumulent dans les cellules graisseuses, les adipocytes. Le foie va donc solubiliser ces substances à travers deux phases complexes **(Gueguen et al., 2006)** :

- **Phase d'activation (Phase I)** : Les enzymes de la phase I se trouvent dans le réticulum endoplasmique du foie, dites de fonctionnalisation, catalysant essentiellement les réactions d'oxydo-réduction et d'hydrolyse. Les enzymes de cette phase, regroupées pour la plupart sous le terme de cytochromes P₄₅₀, vont oxyder les toxiques liposolubles. Il s'agit du système d'oxydation le plus puissant de l'organisme. C'est ainsi que le statut en micronutriments (les vitamines de la classe B, le magnésium, le zinc, le manganèse, le chrome et le cuivre) est essentiel pour permettre à ces complexes enzymatiques de fonctionner de manière optimale **(Ingelman, 1999)**.
- **Phase de conjugaison (Phase II)** : Elle a pour rôle essentiel de convertir les xénobiotiques, ou les métabolites générés lors de la phase de fonctionnalisation, en composés plus hydrosolubles en les conjuguant à des molécules endogènes telles que l'acide glucuronique, le sulfate, l'acétate, le glutathion réduit (GSH) ou certains acides aminés. Cette phase comprend également des réaction de méthylation et d'hydrolyse des époxydes. Il résulte de ces réactions une augmentation de la solubilité des xénobiotiques. Parmi les enzymes impliquées dans cette phase, citons les UDP-glucuronosyltransférases (UGT), les sulfotransférases (ST), les époxyde hydrolases (EH) et les glutathion S-transférases (GST) **(Koymans et al., 1993)**.

Les xénobiotiques ainsi modifiés et solubilisés seront excrétés hors de la cellule par l'intermédiaire de pompes membranaires de nature glycoprotéique fonctionnant selon un mécanisme ATP-dépendant **(Koymans et al., 1993)**. Le tableau 4 récapitule les principales caractéristiques des phases I et II au cours de la détoxification hépatique :

Tableau 4. Principales enzymes et réactions des phases I et II (D'après Livingstone et al., 1991).

Phase	Réaction	Enzymes	Substrats
Phase I	Oxydation	Cytochromes P ₄₅₀	Large spectre de substrats à caractère hydrophobe
		Monooxygénases à flavine microsomique	Amines, thiols, thio-urées
	Réduction	P ₄₅₀ Réductase, DT-Diaphorase	Vaste spectre comprenant des quinones, des hydrocarbures et des halogénés
	Hydrolyse	Epoxyde hydrolase	Epoxydes
Phase II	Glucuronidation	UDP-glucuronosyltransférases (UGT)	Phénols, amines, thiols
	Sulfatation	Sulfotransférases (ST)	Phénols
	Conjugaison au glutathion réduit (GSH)	Glutathion S-transférases (GST)	Epoxydes, alcanes aromatiques et halogénés

Cette métabolisation des xénobiotiques est associée à une génération de ROS dont l'organisme doit faire face par l'activation du système antioxydant. La pollution aquatique est un facteur majeur du stress oxydatif de la faune aquatique et en particulier chez les poissons (**Yildirim et al., 2011**). En effet, lorsque l'organisme fonctionne bien, il y a un équilibre constant entre la production des ROS due aux xénobiotiques et les mécanismes de leur élimination (système antioxydant) (**Iqbal et al., 2000**). Un stress oxydatif est observé lorsque la production des ROS dépasse les capacités de défense antioxydante des tissus. Il entraîne des altérations des composants cellulaires, dues aux réactions chimiques des ROS avec les lipides, les protéines et les acides nucléiques cellulaires. Cependant, les produits issus de la peroxydation des lipides semblent être les meilleurs marqueurs du stress oxydatif. La peroxydation lipidique est un processus au cours duquel les acides gras polyinsaturés des membranes cellulaires sont la cible principale des ROS. Il en résulte la formation de peroxydes lipidiques (LPO) qui se décomposent toutefois en sous-produits comme le malondialdéhyde (MDA) et le 4-hydroxynonéanal (HNE). Pendant de nombreuses années, la

détermination du MDA par l'acide thiobarbiturique (méthode des TBARS) a été utilisée pour évaluer *in vivo* la présence d'une peroxydation lipidique (**Lefèvre et al., 1998**).

4.3.3. Relation entre la fonction hépatique et la croissance du poisson

Le foie est sans doute l'organe le plus susceptible de développer des pathologies causées par des contaminants à cause de son rôle primordial dans le métabolisme chez les poissons (**Markert et al., 2003 ; Myers et Fournie, 2002**). Cela est dû au fait que, premièrement, le foie est le centre principal de détoxification, et donc il accumule les contaminants lipophiles (**Markert et al., 2003**). Deuxièmement, il produit des enzymes qui transforment parfois les contaminants en des produits intermédiaires encore plus dangereux (**Myers et Fournie, 2002**). Troisièmement, certains métabolites qui doivent être évacués par la bile peuvent éventuellement lui être retournés par réabsorption intestinale, causant des lésions potentielles assez diverses allant de la vacuolisation hépatocellulaire (**Adams et al., 2003**) à la nécrose (**Adams et al., 1999**).

La croissance de poisson est représentée par un accroissement progressif en taille et/ou en poids. Cette croissance est assurée par la fonction hépatique qui inclut la sécrétion de certaines hormones (comme la somatotropine) lorsque le milieu est favorable. Le polluant peut altérer la fonction endocrinienne hépatique du poisson en agissant sur le processus de synthèse et de libération des hormones au niveau de l'hypothalamus, qui constitue le lien anatomique et fonctionnel avec le système nerveux central, de même qu'au niveau de l'hypophyse et des glandes cibles, aussi bien celles qui dépendent des hormones trophiques hypophysaires que les autres (**Aarab, 2004**). Par son action toxique sur le foie, un polluant peut aussi altérer l'équilibre hormonal en modifiant le métabolisme des hormones, leur demi-vie dans le sang, leurs activités et leur vitesse d'élimination.

Par conséquent, l'aptitude détoxifiante du foie joue un rôle primordial dans l'élimination des xénobiotiques toxiques hors de l'organisme afin de lui permettre de croître d'une manière harmonieuse. Cette aptitude est à la base de l'adaptation des poissons à leur environnement.

5. Intérêt écologique de l'étude

Notre étude est d'un intérêt écologique incontournable. En fait, l'évaluation de la vulnérabilité des espèces de poissons vis-à-vis de leur écosystème requiert l'association des indices biométriques de croissance avec le fonctionnement du foie en tant qu'organe majeur

d'adaptation environnementale. Qu'il soit favorable ou défavorable, le milieu aquatique influence principalement la fonction hépatique qui détermine à son tour l'état de bien-être des poissons. C'est ainsi que l'adaptation de ceux-ci à leur biotope dépend de la capacité du foie à résister aux fluctuations abiotiques, notamment par une fonction détoxifiante efficace, tout en maintenant une croissance adéquate. Bien entendu, en réponse à une pollution occasionnelle du milieu, une bonne fonction hépatique est cruciale en ce sens qu'elle permet au poisson de résister à l'excès toxique des xénobiotiques et de croître d'une manière appropriée, alors qu'une mauvaise fonction hépatique aurait des conséquences négatives qui se révèlent en une croissance défectueuse.

CHAPITRE 2
MATERIEL ET METHODES

Matériel et Méthodes

1. Matériel biologique

On a examiné les poissons osseux qui vivent dans le barrage de Beni Haroun. Notre étude a été basée sur deux espèces : le barbeau (*Barbus barbus*) et la carpe commune (*Cyprinus carpio*). Ces poissons ont été collectés en deux prises : une prise automnale en décembre (6 barbeaux et 2 carpes communes) et une prise hivernale en janvier (2 barbeaux et 3 carpes communes). Chaque prise est accompagnée par un prélèvement d'un certain volume de l'eau du barrage pour l'analyse physicochimique.

Ces poissons proviennent de récoltes effectuées par une pêche aléatoire (indépendamment du sexe et de l'âge) à l'aide d'un pêcheur professionnel agréé par la direction de pêche (Antenne de Mila).

Les poissons à l'état frais ont été mis dans un sac de plastique comportant un nom et un numéro unique. Ils sont conservés au laboratoire dans un congélateur (thermo scientifique) à une température d'environ -20 à -50° C pendant une période allant de quelques jours à un mois.

2. Méthode de pêche

Nous avons utilisé la technique de pêche aléatoire : le filet est de type voile. Ce dernier est de 500 m de longueur et 7 m de largeur, avec des mailles de 50 cm (Figure 15). Le filet déposé verticalement à proximité d'Oued Gharslim à l'Est du barrage.



Figure 15. Le filet voile et le bateau de pêche.

3. Manipulations au laboratoire

Les poissons conservés ont été retirés du congélateur 24h avant le recours à l'étude biométrique, la pesée corporelle et la dissection.

3.1. Etude biométrique

On a fixé le mètre ruban par un ruban adhésif sur la payasse de manipulation pour faire les mensurations biométriques (Figure 16).



Figure 16. La mensuration biométrique du poisson.

Les différents types de mensurations exécutées sont présentés dans la Figure 17 et définies dans le Tableau 5 ci-dessous :

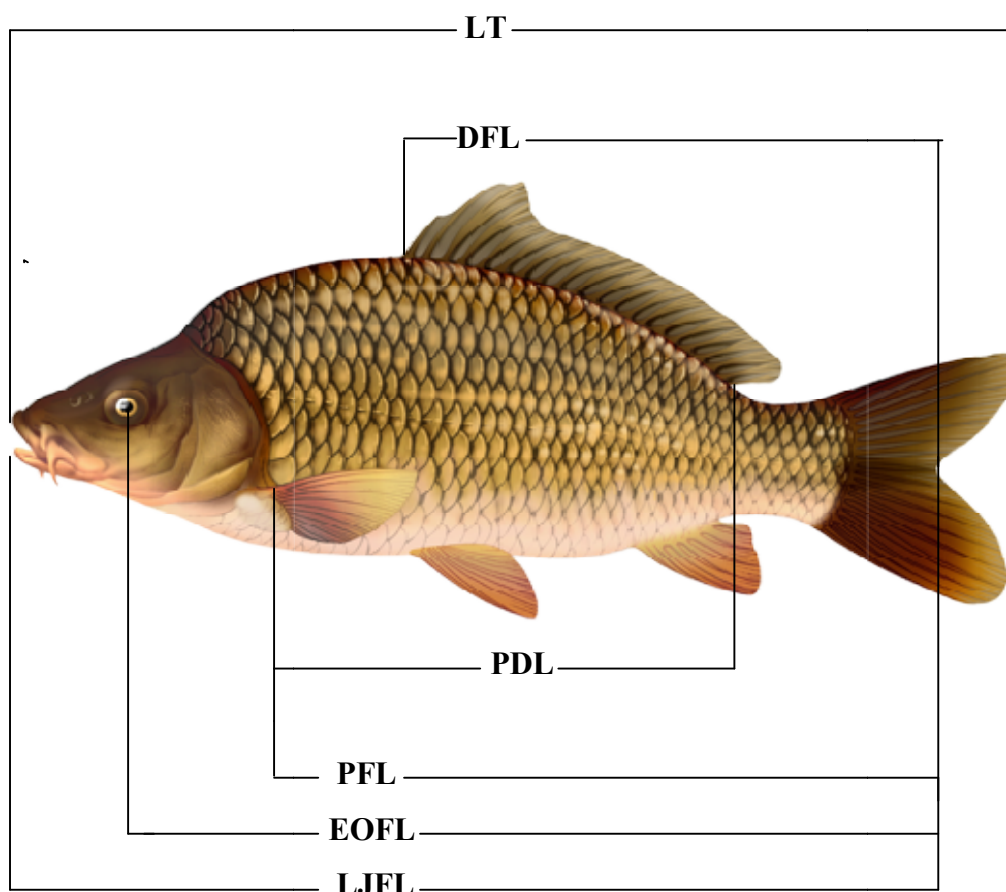


Figure 17. Les mensurations biométriques relevées.

Tableau 5. Définition des différentes mensurations biométriques (D'après Miyake, 1990).

Type de mensuration	Définition
Longueur totale (LT)	Longueur en projection horizontale ou longueur courbe de la pointe du rostre à la fourche caudale.
Longueur maxillaire-fourche (LJFL)	Longueur en projection horizontale ou longueur courbe de la pointe de la mandibule inférieure à la fourche caudale.
Longueur cavité oculaire-fourche (EOFL)	Longueur en projection horizontale ou longueur courbe de l'angle postérieure de la cavité oculaire à la fourche caudale.
Longueur dorsale-fourche (DFL)	Longueur en projection horizontale ou longueur courbe de la jonction antérieure de la nageoire dorsale à la fourche caudale.
Longueur pectorale-fourche (PFL)	Longueur en projection horizontale ou longueur courbe de la jonction antérieure de la nageoire pectorale à la fourche caudale.
Longueur pectorale-dorsale (PDL)	Longueur en projection horizontale ou longueur courbe de la jonction antérieure de la nageoire pectorale à la jonction antérieure de la deuxième dorsale.

3.2. Pesée corporelle

La mesure du poids corporel du poisson a été déterminée par une balance analytique (KERN 572). Pour chacune des espèces précitées, les manipulations suivantes ont été effectuées (Figure 18) :

- ✓ On a ajouté un morceau du papier aluminium sur cette appareil ;
- ✓ On a appuyé sur le bouton TARE pour l'équilibration de l'appareil (0,00 g), permettant ainsi une mesure précise du poids ;
- ✓ On a mis le poisson au-dessus de la balance. La valeur affichée a été ensuite enregistrée.



Figure 18. La pesée corporelle du poisson.

3.3. Dissection et prélèvement du foie

Après l'étude biométrique et la pesée corporelle, nous avons disséqué le poisson en le fixant sur la payasse afin de détendre les intestins. Les étapes de la dissection suivies sont (Figures 19a-19f) :

- ✓ Repère de l'anus : l'ouverture du poisson se fait ventralement en partant d'un demi-centimètre de l'anus qui se situe en avant de la nageoire anale.



Figure 19a. Le repère de l'anus du poisson.

- ✓ Ouverture ventrale : avec le ciseau, on ouvre le poisson de l'anus à la bouche en s'arrêtant à 1 cm de l'extrémité de la mâchoire (pour cette étape, il faut faire attention car l'intestin se situe contre la paroi abdominale, et ne pas progresser en écartant trop le ciseau pour ne pas abîmer les organes sous-jacents).



Figure 19b. L'ouverture ventrale du poisson.

- ✓ Ouverture latérale : On ouvre latéralement le poisson au niveau de l'extrémité postérieure de l'ouverture ventrale jusqu'à ce que le muscle dorsal apparaisse. On pratique la même incision juste en arrière de l'opercule (Il faut bien soulever avec la pince le pan de peau lors de l'incision pour éviter de toucher les organes).



Figure 19c. L'ouverture latérale du poisson.

- ✓ Ecartement de l'ouverture : on fait une incision de 1 cm dans le muscle dorsal tout au long de l'ouverture en rabattant le pan de peau vers le haut pour dégager l'ouverture.



Figure 19d. L'écartement de l'ouverture de l'incision.

- ✓ Observation et prélèvement du foie : On dégage les organes internes du poisson. Le foie recouvre la partie supérieure de l'estomac et l'œsophage. Avec la pince et la lame, on détache le foie de l'estomac.



Figure 19e. L'observation du foie.



Figure 19f. Le détachement du foie de l'estomac.

Après le prélèvement du foie, on mesure le poids de cet organe par une balance analytique (KERN 572) les mêmes étapes de la pesée du poids corporel. Une fois pesé, le foie est placé dans du papier d'aluminium portant le nom de l'échantillon et la date de dissection, mis dans un sachet de conservation et gardé à basse température (-4°C) jusqu'au dosage des TBARS (Figure 20).



Figure 20. Les échantillons dans les sachets de conservation.

3.4. Dosage des TBARS

Le dosage des TBARS hépatiques a été fait par la méthode de **Buege et Aust (1978)**.

3.4.1. Préparation de l'homogénat

Cette préparation a été faite par broyage de 200 mg de foie congelé dans 2 ml d'une solution de chlorure de potassium (KCl) à 1,15% pour obtenir un homogénat à 10%.

3.4.2. Principe du dosage

La méthode est basée sur la mesure colorimétrique de la réaction entre l'acide thiobarbiturique (TBA) avec le malondialdéhyde (MDA), composé issu de la peroxydation lipidique des acides gras polyinsaturés des membranes cellulaires donnant un produit rouge brun mesuré à une longueur d'onde de 532 nm. La procédure expérimentale du dosage des TBARS est la suivante :

- ✓ 1 ml de l'homogénat est additionné à 2 ml de la solution de réaction (15% acide trichloroacétique : 0,375% acide thiobarbiturique : 0,25N acide chlorhydrique, 1 :1 :1 poids/volume).
- ✓ Vortexer et chauffer au bain marie à 90°C pendant 15 min.

- ✓ Refroidir à l'eau du robinet.
- ✓ Centrifuger à 1000 rpm pendant 10 min.
- ✓ Récupérer le surnageant renfermant les complexes TBA-MDA
- ✓ Lire les absorbances à une longueur d'onde de 532 nm contre le blanc qui contient toutes les solutions sauf le tissu hépatique.

Le taux des TBARS (en nM/mg de tissu) est déterminé selon la formule suivante :

$$\frac{\frac{DO}{156} \times \frac{\text{Volume total de la cuve}}{\text{Volume de la prise d'essai}} \times 10^6}{\text{Mg de tissu}}$$

DO : Densité optique obtenue après hydrolyse du substrat à 532 nm

156 mM⁻¹ cm⁻¹ : Coefficient d'extinction molaire du TBA

Volume total de la cuve : 1 ml

Volume de la prise d'essai : (volume de l'homogénat) : 1 ml

10⁶ : Unité de conversion en nM

Mg de tissu : Quantité de tissu hépatique en mg

3.5. Analyse physicochimique de l'eau

Les prélèvements de l'eau destinés à l'analyse physicochimique ont été réalisés dans des flacons en plastique. Toutes les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire central de l'Algérienne Des Eaux (ADE) d'Annaba. Ces paramètres ont été déterminés par des méthodes colorimétriques en utilisant un appareillage spécifique. La mesure de certaines variables de la qualité de l'eau peut fournir des informations concernant le degré de pollution et ses effets sur l'écosystème aquatique (Moisan et Pelletier, 2008).

Les propriétés physicochimiques les plus intéressantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau sont les suivantes :

- ✓ **Le potentiel hydrogène (pH) :** Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H⁺ présents dans une eau. Il sert à quantifier la concentration en ions H⁺ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique (Himmi et al., 2003). La mesure de pH est très importante car ce paramètre conditionne l'équilibre physicochimique de l'eau, lequel dépend de l'origine de ces eaux

qui peuvent être naturelles ou artificielles, provenant de rejets domestiques ou des eaux résiduaires (**Bremond et Vuichard, 1973**).

- ✓ **La conductivité électrique** : La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution aqueuse à conduire un courant électrique. Cette capacité dépend de la présence des ions, de leurs concentrations et de la température des mesures. Le test étant une mesure d'un courant électrique créé par des substances ionisées, cette mesure permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (**Atrouz et Lefilef, 2014**). La conductivité d'une eau est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Nalco, 1983**) :
 - 50 - 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$: qualité excellente ;
 - 400 - 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$: qualité bonne ;
 - 750 - 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: qualité médiocre mais utilisable ;
 - >1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: minéralisation excessive.
- ✓ **La turbidité** : La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Le principe de cette mesure est de comparer l'intensité de lumière diffusée à 90 degrés par l'échantillon à celle de solutions étalons de formazine (**Adams et al., 2003**). La turbidité usuelle d'une eau est comprise entre 5 et 50 NTU :
 - < 5 NTU : eau incolore ;
 - 5 - 30 NTU : eau légèrement trouble ;
 - > 50 NTU : eau trouble.
- ✓ **La salinité** : La salinité d'une eau est la masse de sels qu'elle contient en solution dans une quantité donnée. La salinité des eaux varie de quelques mg/l pour les eaux douces jusqu'à plus de 400 g/l pour les eaux saumâtres très chargées (**Gravier, 1986**).
- ✓ **L'oxygène dissous (O_2)** : L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un écosystème aquatique (**Makhoukh et al., 2011**). Une valeur inférieure à 1 mg d' O_2 par litre indique un état proche de l'anaérobie. Une faible teneur en

oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments **(IBGE, 2005)**.

- ✓ **Le chlore résiduel (Cl)** : La teneur en chlore résiduel (le chlore libre qui subsiste dans l'eau) après l'écoulement de la durée de contact doit être comprise entre 0.5 et 1.0 mg/l en tous points du système. Le chlore résiduel total est défini comme étant la quantité totale de chlore, libre ou combiné, qui subsiste après le temps de réaction normal de l'eau à la chloration **(Desjardins, 1997)**.
- ✓ **La demande biochimique en oxygène (DBO₅)** : Ce paramètre représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau **(Merabet, 2010)**. Par convention, la DBO₅ est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation **(Martin et Laffort, 1982)**. L'analyse de la DBO₅ est surtout intéressante pour l'appréciation de la qualité des eaux brutes **(Bremond et Vuichard, 1973)**. Ses valeurs se présentent comme suit :
 - < 1 mg/l : eau polluée ;
 - = 2 mg/l : eau légèrement polluée ;
 - = 3 mg/l : qualité moyenne ;
 - = 5 mg/l : bonne qualité ;
 - > 10 mg/l : excellente qualité.
- ✓ **Les ions ammonium (NH₄⁺)** : L'ion NH₄⁺ constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau **(N'dlaye et al., 2013)**. L'ion NH₄⁺ est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne **(Brémond et Vuichard, 1973)**. Des problèmes de santé apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg/l **(Merabet, 2010)**.
- ✓ **Les nitrites (NO₂⁻)** : Ils constituent une étape importante dans la métabolisation des composées azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates **(Rejsek, 2002)**.

- ✓ **Les nitrates (NO_3^-)** : Se trouvant naturellement dans les eaux, ce sont des sels de l'acide nitrique (**Bouzidi, 2007**). Ils proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/l dans les eaux superficielles (**Rejsek, 2002**). Elle constitue l'élément le plus répandu et le plus visible d'une pollution diffuse (**Rassou, 2009**).

3.6. Analyses statistiques

Les données descriptives des paramètres relatifs aux poissons (valeurs relatives des mesures biométriques, rapport hépato-somatique et teneur hépatique en TBARS) sont présentées en Moyenne $\pm$ Erreur Standard de Moyenne (SEM), et traitées par l'analyse de variance à un seul critère de classification (ANOVA 1) puis par l'analyse de variance à deux critères de classification (ANOVA 2) avec l'espèce et la saison comme facteurs. Les relations longueur-longueur et poids corporel-poids hépatique ont été analysées par le test de corrélation de Pearson afin de déterminer leur linéarité (en absence de linéarité, la relation est présentée sous forme de régression polynomiale). Les relations poids corporel-longueur totale ont été établies sous forme de régression en puissance ($PC = a LT^b$) avec b comme coefficient de régression à partir duquel le type de croissance du poisson a été déduit (**Le Cren, 1951**). En supposant que b est souvent proche de 3 (valeur isométrique), le facteur de condition K a été calculé suivant **Ricker (1975)** : $K = 100 \times PC / LT^3$, et présenté en Moyenne $\pm$ SEM. Les différences statistiques ont été considérées comme significatives au seuil de probabilité P de 5%. Toutes ces analyses ont été effectuées au moyen du logiciel Minitab (version 17). Les figures des résultats ont été obtenues par Microsoft Office Excel 2016.

Par ailleurs, les résultats relatifs aux paramètres physicochimiques de l'eau du barrage ont été présentés sans aucun traitement statistique parce que les prises automnale et hivernale ont montré le même profil analytique.

CHAPITRE 3
RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats

1. Paramètres biométriques

1.1. Valeurs descriptives

Les valeurs biométriques descriptives sont présentées par rapport à la longueur totale (LT) des poissons (Figure 21). En appliquant l'ANOVA 2, aucun effet de l'espèce ($F(1,9)=0,64$ et $P=0,446$), de la saison ($F(1,9)=0,16$ et $P=0,699$) ni de l'interaction espèce $\times$ saison ($F(1,9)=0,01$ et $P=0,938$) n'a été obtenu pour la longueur maxillaire-fourche (LJFL). Pour la longueur cavité oculaire-fourche (EOFL), aucun effet de l'espèce ($F(1,9)=1,04$ et $P=0,334$), de la saison ($F(1,9)=0,05$ et $P=0,833$) ni de l'interaction espèce $\times$ saison ($F(1,9)=0,03$ et $P=0,858$) n'a été démontré. Pour la longueur dorsale-fourche (DFL), aucun effet de l'espèce ($F(1,9)=1,77$ et $P=0,216$), de la saison ($F(1,9)=0,84$ et $P=0,383$) ni de l'interaction espèce $\times$ saison ($F(1,9)=1,31$ et $P=0,281$) n'a été trouvé. Similairement, pour la longueur pectorale-fourche (PFL), aucun effet de l'espèce ($F(1,9)=0,35$ et $P=0,567$), de la saison ($F(1,9)=0,30$ et $P=0,598$) ni de l'interaction espèce $\times$ saison ($F(1,9)=0,10$ et $P=0,764$) n'a été trouvé. Cependant, un effet significatif de l'espèce ($F(1,9)=15,34$ et $P=0,004$) a été révélé pour la longueur pectorale-dorsale (PDL), alors qu'aucun effet de la saison ($F(1,9)=1,20$ et $P=0,301$) ni de l'interaction espèce $\times$ saison ($F(1,9)=0,02$ et $P=0,879$) n'ait été démontré. En automne, les paramètres LJFL ($F(1,8)=8,82$ et $P=0,018$), EOFL ($F(1,8)=12,16$ et $P=0,008$) et PFL ($F(1,8)=7,84$ et $P=0,023$) ont été significativement diminués, tandis que le paramètre PDL ($F(1,8)=10,24$ et $P=0,013$) a été significativement élevé chez la carpe commune par rapport à ceux enregistrés chez le barbeau. En hiver, le paramètre LJFL ($F(1,5)=22,61$ et $P=0,005$) a été significativement diminué, alors que les paramètres DFL ($F(1,5)=11,12$ et $P=0,021$) et PDL ($F(1,5)=180,09$ et $P<0,001$) ont montré une augmentation significative chez la carpe commune comparativement à ceux mesurés chez le barbeau. De plus, chez le barbeau seulement, une augmentation significative du paramètre PDL ($F(1,8)=5,73$ et $P=0,044$) a été observée en hiver par rapport à la mesure automnale.

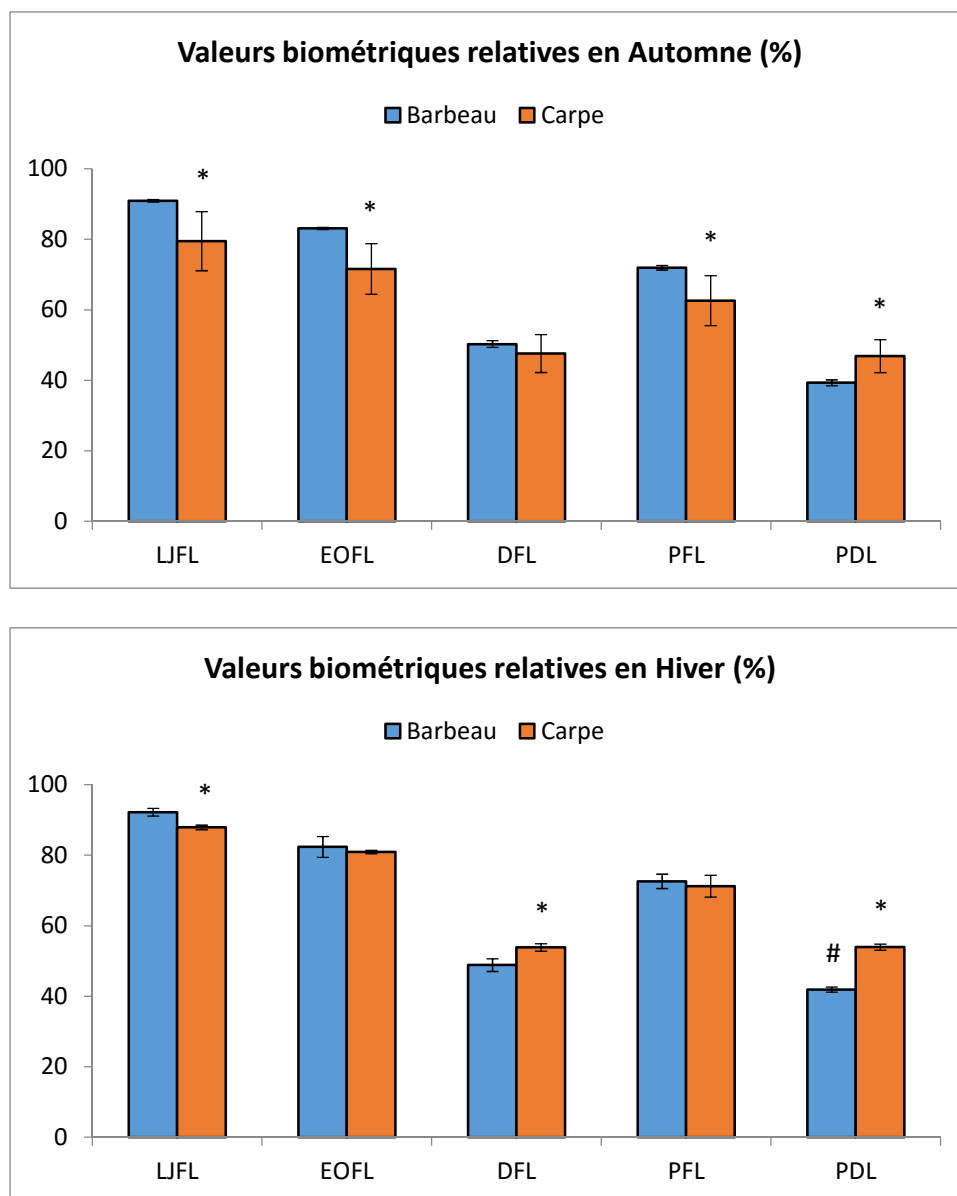


Figure 21. Valeurs biométriques relatives à la longueur totale (LT) en automne et en hiver chez le barbeau et la carpe commune. Les résultats sont présentés en Moyenne $\pm$ SEM. * Significativement différent du même paramètre chez le barbeau de la même saison. # Significativement différent du même paramètre chez le barbeau en automne.

1.2. Relations longueur-longueur

A) Relation longueur totale (LT)/longueur maxillaire-fourche (LJFL)

La relation LT/LJFL a été linéaire et hautement significative chez les deux espèces de poissons en automne (barbeau : $F(1,4)=1300,56$ et $P<0,001$; carpe : $F(1,2)=\text{indéterminé}$ et $P=\text{indéterminé}$) et en hiver (barbeau : $F(1,2)=\text{indéterminé}$ et $P=\text{indéterminé}$; carpe : $F(1,1)=\text{indéterminé}$ et $P=\text{indéterminé}$). Les équations de régression et leurs coefficients de détermination correspondants (R^2) sont indiqués dans les graphes de la Figure 22.

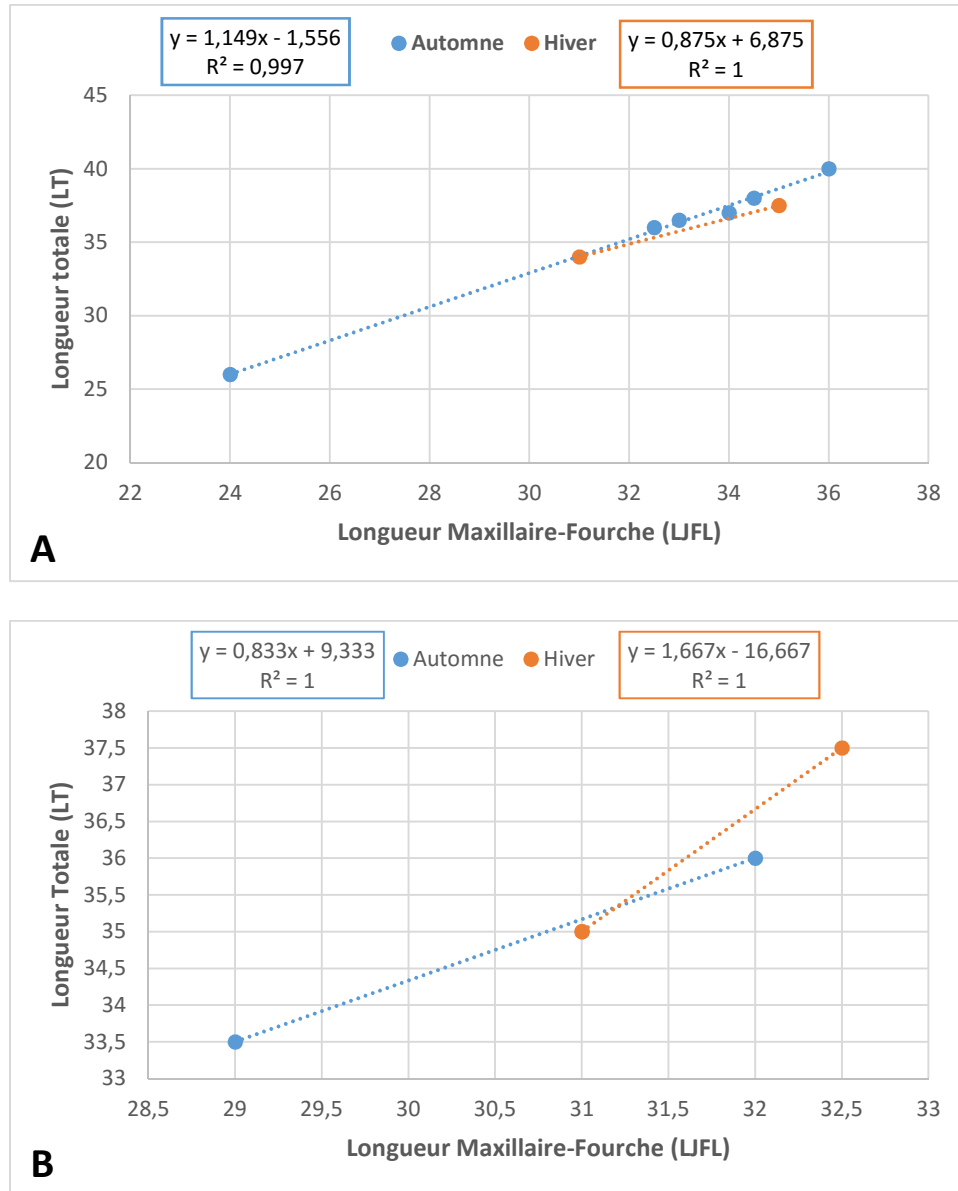


Figure 22. Relation longueur totale (LT)/longueur maxillaire-fourche (LJFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B). Les données sont exprimées en centimètres.

B) Relation longueur totale (LT)/longueur cavité oculaire-fourche (EOFL)

La relation LT/EOFL a été linéaire et hautement significative chez les deux espèces de poissons en automne (barbeau : $F(1,4)=812,70$ et $P<0,001$; carpe : $F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé) et en hiver (barbeau : $F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé; carpe : $F(1,1)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé). Les équations de régression et leurs coefficients de détermination correspondants (R^2) sont indiqués dans les graphes de la Figure 23.

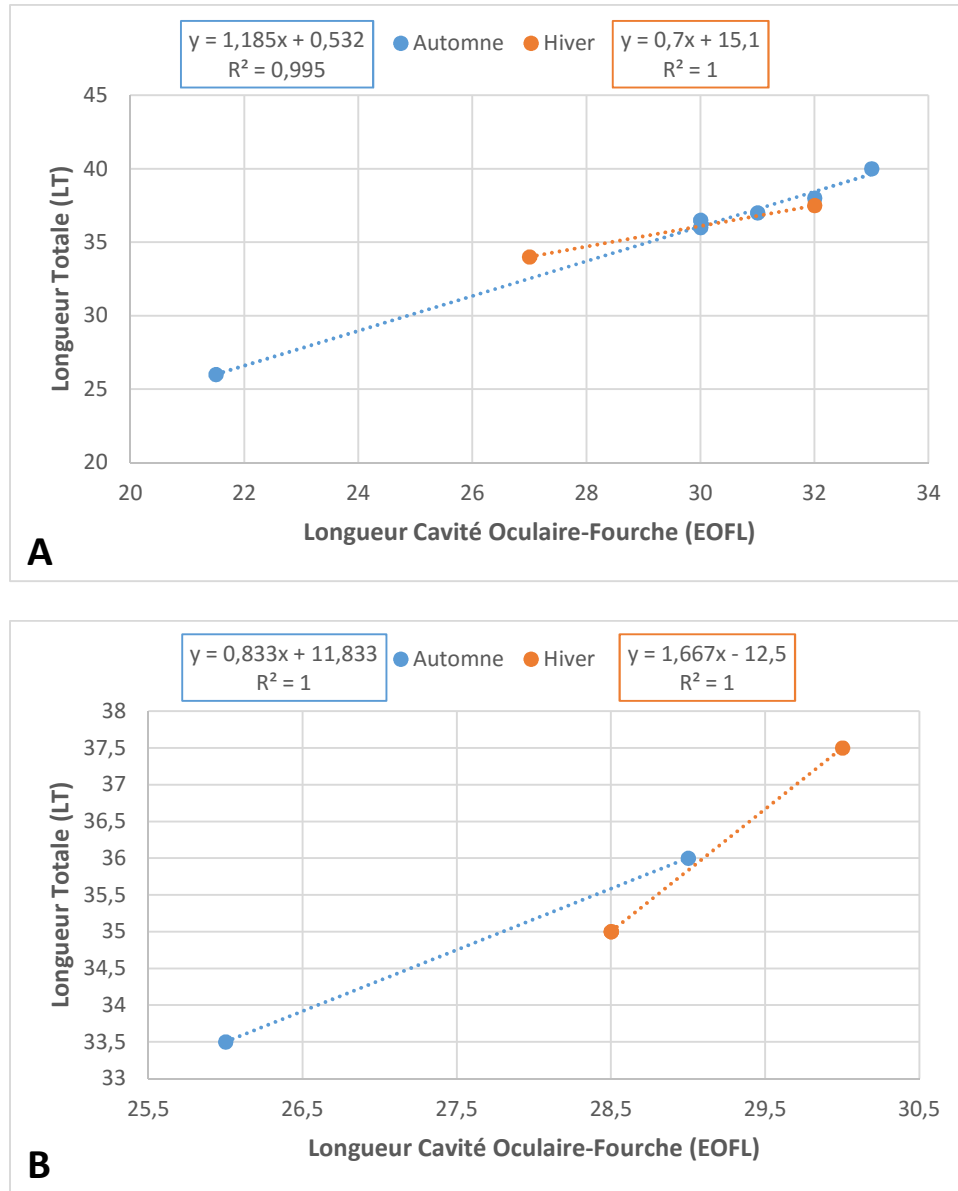


Figure 23. Relation longueur totale (LT)/longueur cavité oculaire-fourche (EOFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B). Les données sont exprimées en centimètres.

C) Relation longueur totale (LT)/longueur dorsale-fourche (DFL)

La relation LT/DFL a été linéaire et hautement significative chez les deux espèces de poissons en automne (barbeau : $F(1,4)=40,06$ et $P=0,003$; carpe : $F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé) et en hiver (barbeau : $F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé; carpe : $F(1,1)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé). Les équations de régression et leurs coefficients de détermination correspondants (R^2) sont indiqués dans les graphes de la Figure 24.

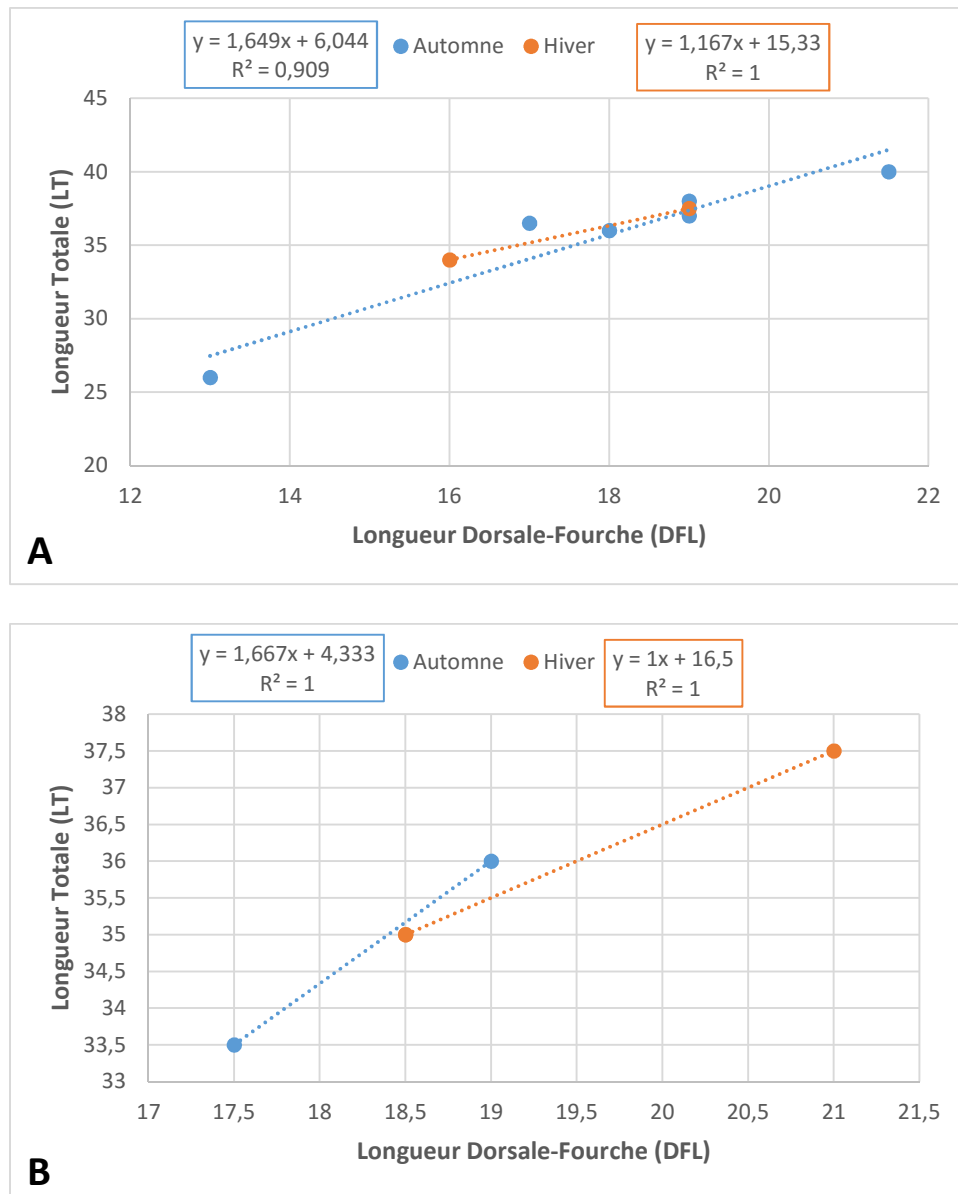


Figure 24. Relation longueur totale (LT)/longueur dorsale-fourche (DFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B). Les données sont exprimées en centimètres.

D) Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-fourche (PFL)

La relation LT/PFL a été linéaire et hautement significative chez les deux espèces de poissons en automne (barbeau : $F(1,4)=149,55$ et $P<0,001$; carpe : $F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé) et chez le barbeau seulement en hiver ($F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé). Cependant, cette relation a été non-linéaire (polynomiale) chez la carpe commune en hiver ($F(1,1)=0,12$ et $P=0,788$). Les équations de régression et leurs coefficients de détermination correspondants (R^2) sont indiqués dans les graphes de la Figure 25.

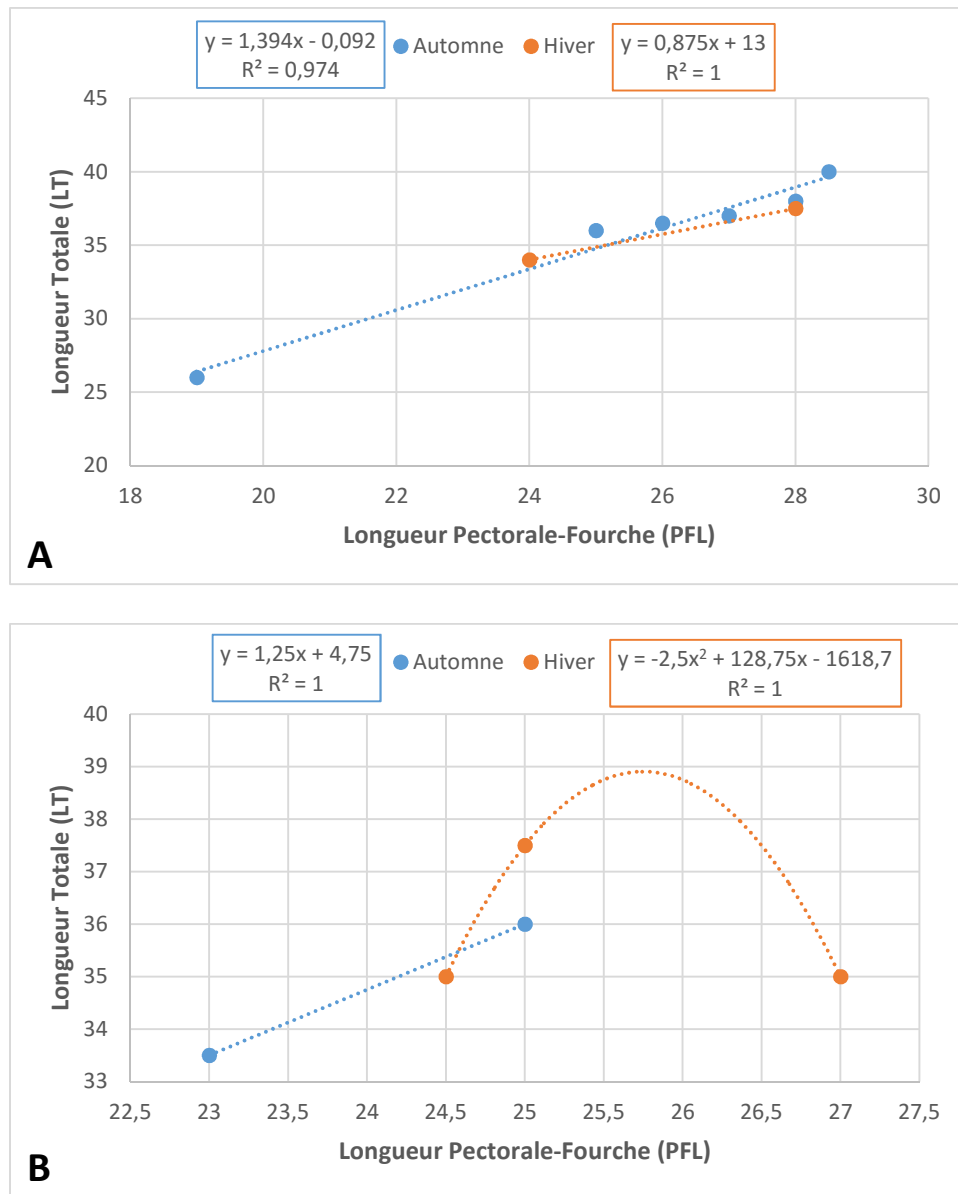


Figure 25. Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-fourche (PFL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B). Les données sont exprimées en centimètres.

E) Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-dorsale (PDL)

La relation LT/PDL a été linéaire et hautement significative chez les deux espèces de poissons en automne (barbeau : $F(1,4)=27,06$ et $P=0,007$; carpe : $F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé) et chez le barbeau seulement en hiver ($F(1,2)=$ indéterminé et $P=$ indéterminé). Cependant, cette relation est non-linéaire (polynomiale) chez la carpe commune ($F(1,1)=1,33$ et $P=0,454$) en période hivernale. Les équations de régression et leurs coefficients de détermination correspondants (R^2) sont indiqués dans les graphes de la Figure 26.

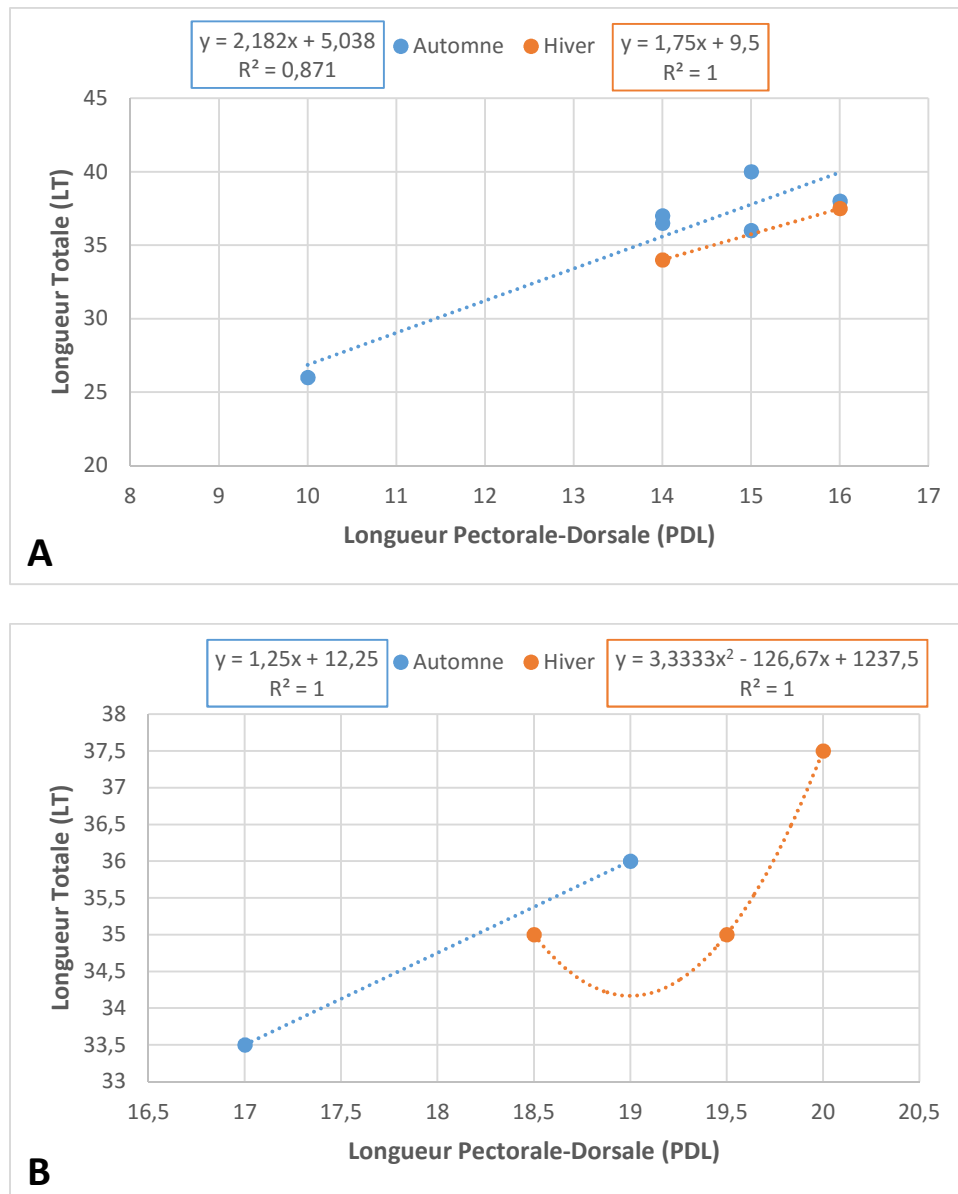


Figure 26. Relation longueur totale (LT)/longueur pectorale-dorsale (PDL) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B). Les données sont exprimées en centimètres.

2. Paramètres pondéraux

2.1. Rapport hépato-somatique (RHS)

En appliquant l'ANOVA2, aucun effet significatif de l'espèce ($F(1,9)=4,25$ et $P=0,069$), de la saison ($F(1,9)=0,51$ et $P=0,495$) ou de l'interaction espèce $\times$ saison ($F(1,9)=0,43$ et $P=0,528$) sur le RHS n'a été révélé. En hiver, ce rapport tendait à être élevé chez la carpe commune comparativement à celui enregistré chez le barbeau ($F(1,3)=8,99$ et $P=0,058$) (Figure 27).

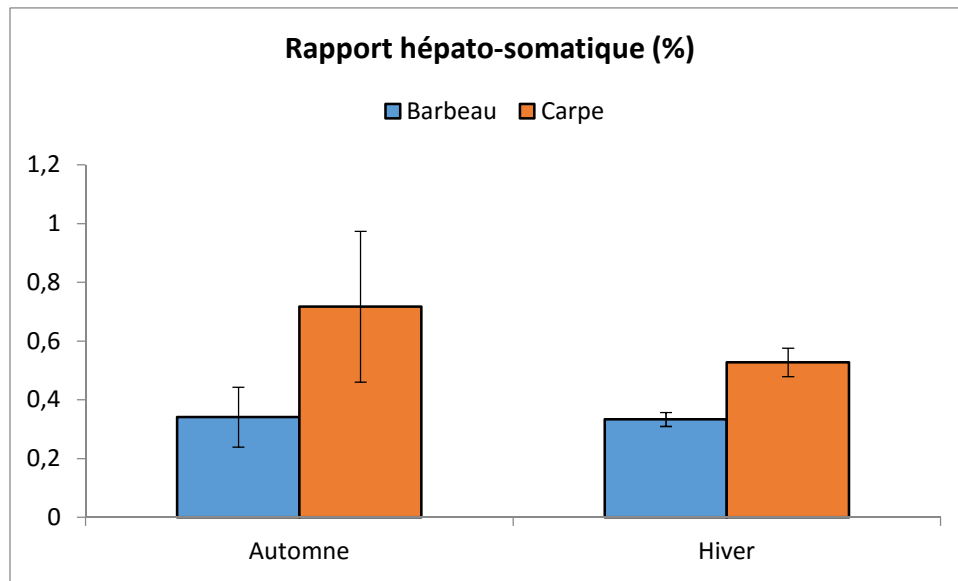


Figure 27. Rapport hépato-somatique (RHS) en automne et en hiver chez le barbeau et la carpe commune. Les résultats sont présentés en Moyenne $\pm$ SEM.

2.2. Relations poids corporel (PC)-longueur totale (LT)

Chez le barbeau, la relation PC/LT a été linéaire et hautement significative en automne (équation générale : $PC = 45,65LT - 1021$; $F(1,4)=119,42$ et $P<0,001$) et en hiver (équation générale : $PC = 35,56LT - 611,4$; $F(1,2)=\text{indéterminé}$ et $P=\text{indéterminé}$). Chez la carpe commune, cette relation a été hautement significative en automne seulement (équation générale : $PC = 48,70LT - 1198$; $F(1,2)=\text{indéterminé}$ et $P=\text{indéterminé}$), alors qu'aucune relation significative n'a été trouvée en hiver (équation générale : $PC = 17,10LT + 121$; $F(1,4)=0,24$ et $P=0,649$). Les régressions PC/LT sont représentées en puissance afin que le coefficient de régression b serve à déduire le bien-être des poissons (Figure 28).

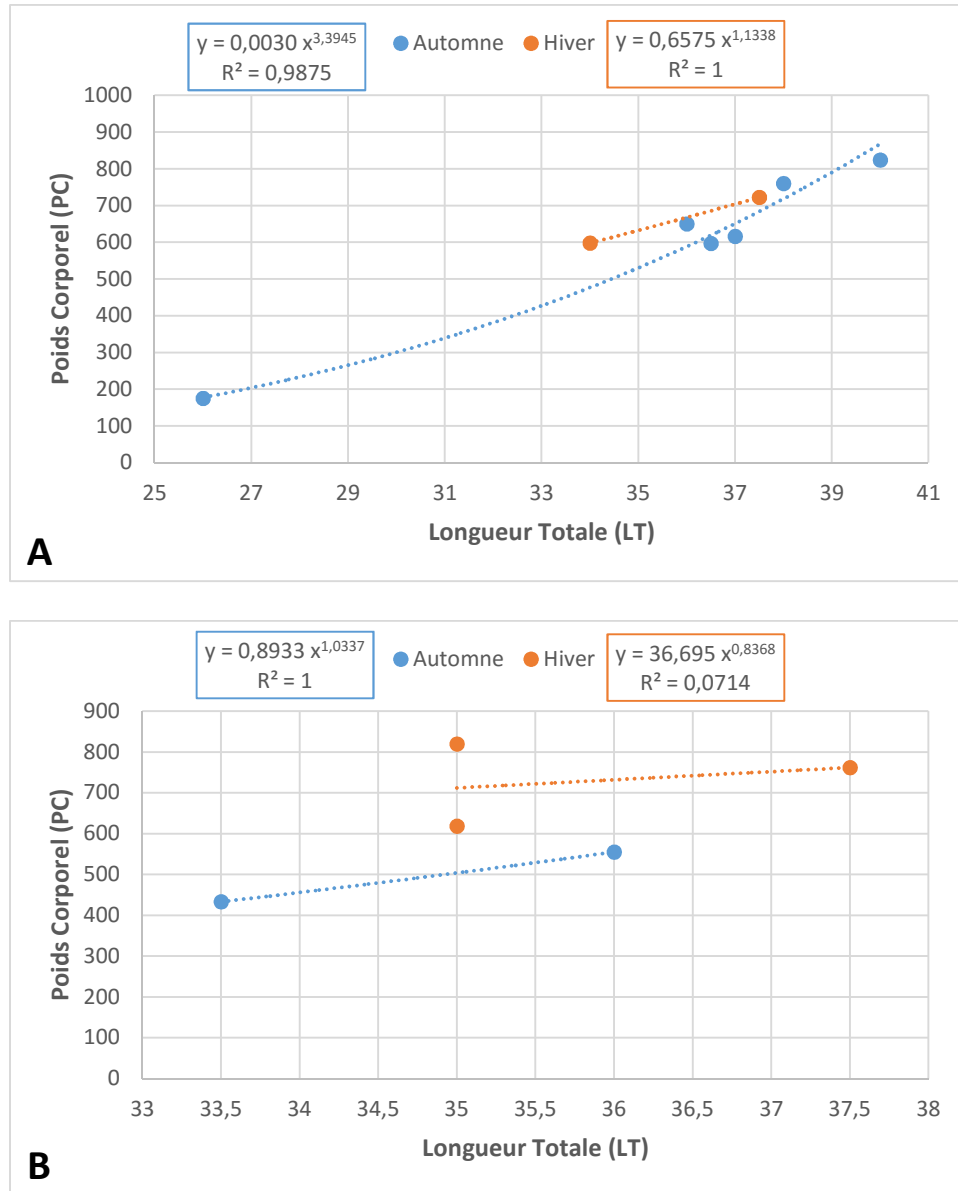


Figure 28. Relation poids corporel (PC)- longueur totale (LT) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B). Le PC est exprimé en grammes, la LT est exprimée en centimètres.

2.3. Relations poids corporel (PC)-poids hépatique (PH)

Chez le barbeau, la relation PC/PH n'a pas été significative (polynomiale) en automne (équation générale : $PC = 49,73PH + 138$; $F(1,2)=0,40$ et $P=0,593$) mais linéaire et hautement significative en hiver (équation générale : $PC = 170,50PH + 282,2$; $F(1,2)=\text{indéterminé}$ et $P=\text{indéterminé}$). Inversement, les mesures statistiques chez la carpe commune ont démontré que cette relation est linéaire et significative en automne (équation générale : $PC = - 72,91PH + 741$; $F(1,2)=\text{indéterminé}$ et $P=\text{indéterminé}$) mais non significative (polynomiale) en hiver (équation générale : $PC = 75,10PH + 446,4$; $F(1,4)=0,21$

et $P=0,668$). Les équations de régression et leurs coefficients de détermination correspondants (R^2) sont indiqués dans les graphes de la Figure 29.

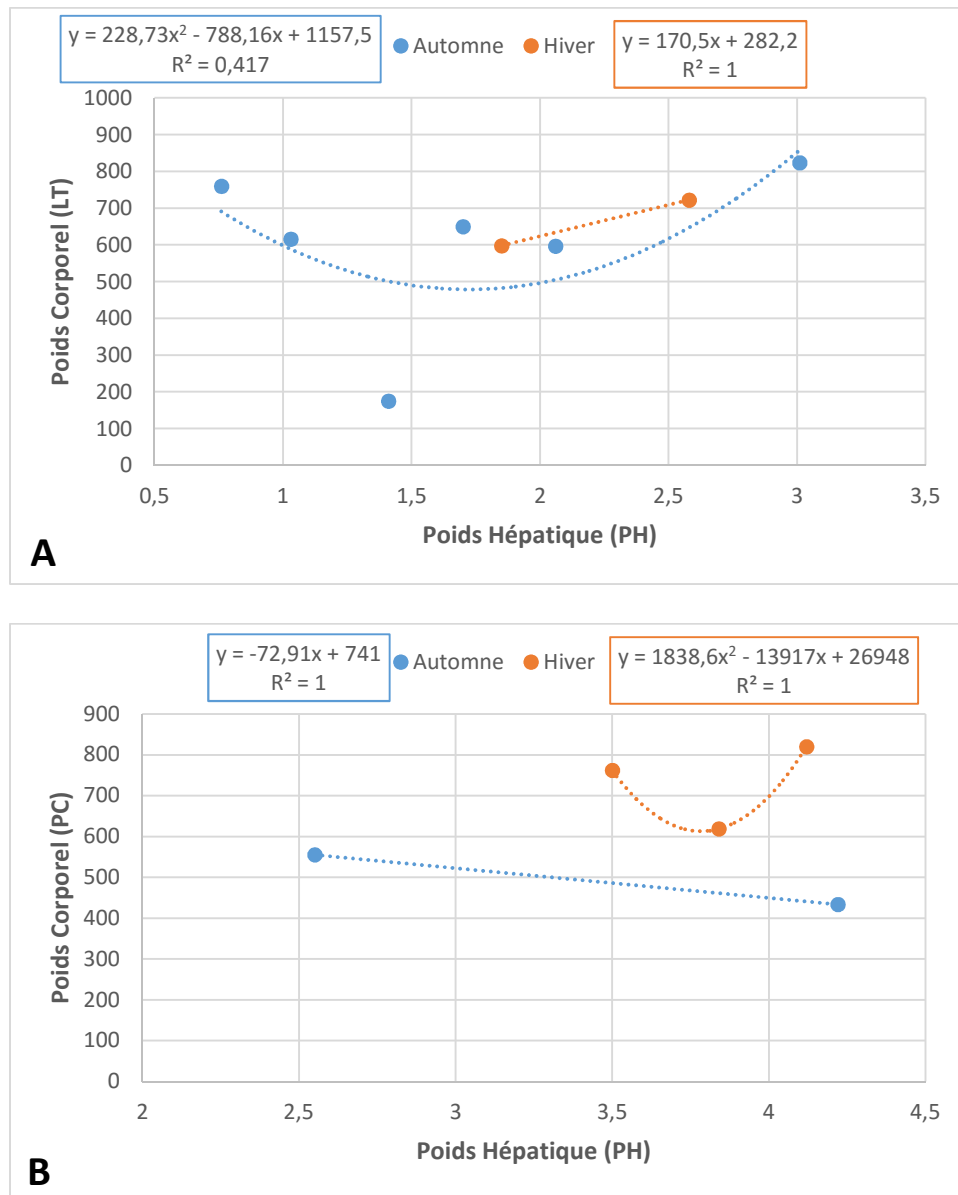


Figure 29. Relation poids corporel (PC)-poids hépatique (PH) chez le barbeau (A) et la carpe commune (B). Les données sont exprimées en grammes.

3. Facteur de condition K

Le facteur de condition K et les paramètres estimatifs de la relation poids corporel (PC)-longueur totale (LT) sont présentés dans le Tableau 6. Chez le barbeau, les valeurs de ce facteur varient de 0,995 à 1,392 en automne (moyenne = $1,250 \pm 0,059$) avec une croissance allométrique positive ($b = 3,3945$), et de 1,369 à 1,520 en hiver (moyenne = $1,444 \pm 0,075$) avec une croissance allométrique négative ($b = 1,1338$). Chez la carpe commune, les valeurs

de ce facteur varient de 1,152 à 1,189 en automne (moyenne = $1,171 \pm 0,018$) avec une croissance allométrique négative ($b = 1,0337$), et de 1,442 à 1,911 en hiver (moyenne = $1,600 \pm 0,156$) avec une croissance allométrique négative aussi ($b = 0,8368$).

Tableau 6. Paramètres estimatifs de la relation poids corporel (PC)-longueur totale (LT) et facteur de condition (K) chez le barbeau et la carpe commune. R^2 Coefficient de détermination, a Constante de régression, b Coefficient de régression.

Espèce/Saison	Effectif	R^2	a	b	Croissance	K
Barbeau						
Automne	6	0,9875	0,0030	3,3945	Allométrique Positive	$1,250 \pm 0,059$
Hiver	2	1	0,6575	1,1338	Allométrique Négative	$1,444 \pm 0,075$
Carpe						
Automne	2	1	0,8933	1,0337	Allométrique Négative	$1,171 \pm 0,018$
Hiver	3	0,0714	36,695	0,8368	Allométrique Négative	$1,600 \pm 0,156$

4. Paramètre de détoxification : teneur hépatique en TBARS

En appliquant l'ANOVA2, aucun effet significatif de l'espèce ($F(1,8)=1,32$ et $P=0,284$), de la saison ($F(1,8)=0,41$ et $P=0,542$) ou de l'interaction espèce $\times$ saison ($F(1,8)=3,19$ et $P=0,112$) sur le taux hépatique en TBARS n'a été révélé. En plus, aucune différence significative intra- et interspécifique n'a été trouvée durant les deux saisons (Figure 30).

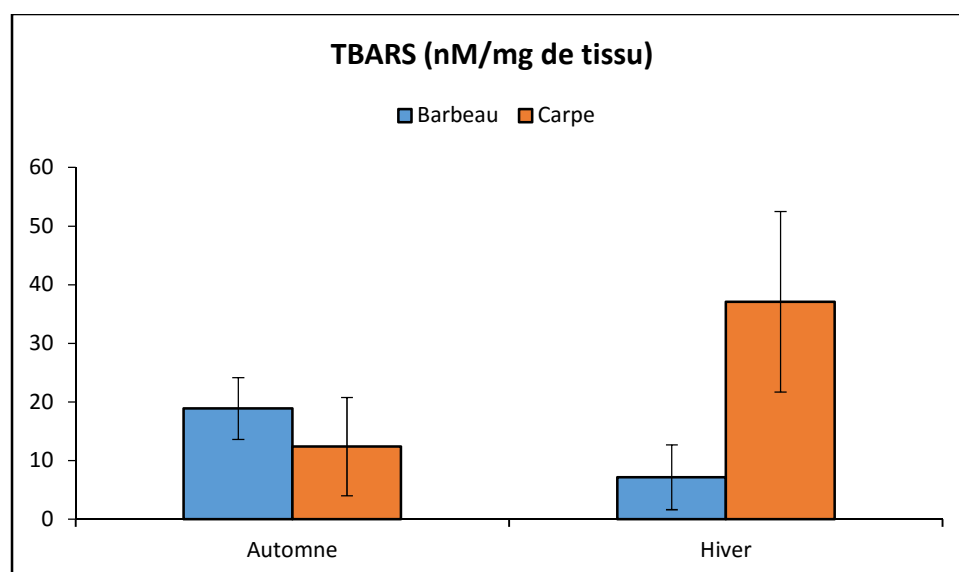


Figure 30. Teneur hépatique en TBARS en automne et en hiver chez le barbeau et la carpe commune. Les résultats sont présentés en Moyenne $\pm$ SEM.

5. Paramètres physicochimiques de l'eau

Les paramètres physicochimiques mesurés sont présentés dans le Tableau. Aucune différence n'a été obtenue entre l'analyse automnale et l'analyse hivernale.

Tableau 7. Paramètres physicochimiques de l'eau du barrage de Beni Haroun.

Paramètres	Résultats
pH (Unité pH)	7,82
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C)	1218
Salinité (g/l)	0,83
Turbidité (NTU)	3,2
Chlore résiduel (mg/l)	Traces
Oxygène dissous ($\%\text{O}_2$)	Traces
DBO5 (mg O_2/l)	1,32
Ions ammonium (mg/l)	0,03
Nitrites (mg/l)	0,1
Nitrates (mg/l)	23,6

Discussion

Dans la présente étude, des changements morphométriques intra- et interspécifiques ont été démontrés en fonction des deux saisons exploitées. En automne, les valeurs biométriques relatives de trois paramètres (LJFL, EOFL et PFL) ont été plus élevées chez le barbeau par rapport à la carpe. Par contre, la valeur descriptive de la PDL a été significativement plus élevée chez la carpe comparativement au barbeau, avec une valeur de DFL statistiquement égale chez les deux espèces. En hiver, la mensuration biométrique montre une diminution de la LJFL, avec une augmentation des paramètres DFL et PDL chez la carpe par rapport au barbeau. Ces mesures relatives représentent le degré de croissance atteint par chaque segment corporel au moment des prises des poissons, reflétant ainsi la contribution différentielle de chacun d'eux à la taille générale de l'animal.

Chez le barbeau, toutes les longueurs partielles (LJFL, EOFL, DFL, PFL et PDL) ont révélé une plus grande influence sur la longueur totale du poisson en automne qu'en hiver, témoignant d'une croissance automnale avancée. Chez la carpe commune, les longueurs partielles LJFL et EOFL ont montré une plus grande influence sur la longueur totale du poisson en hiver qu'en automne. Par contre, l'effet de la DFL a été plus important en automne qu'en hiver, tandis que l'impact des PFL et PDL a été linéaire en automne et polynomial en hiver, révélant ainsi la sensibilité de ces deux derniers paramètres chez cette espèce.

La comparaison interspécifique a révélé que la contribution automnale des LJFL, EOFL, PFL et PDL dans la croissance du barbeau dépasse celle observée chez la carpe. Inversement, l'effet de la DFL sur la croissance de cette dernière espèce a été plus frappant que celui enregistré chez le barbeau. Cependant, la croissance hivernale de la carpe a été plus dépendante des LJFL et EOFL que celle du barbeau, chez lequel la DFL a révélé un effet légèrement plus influençant.

Chez le barbeau, le poids corporel a été fortement corrélé à la longueur totale au cours des deux saisons dont la croissance est allométrique positive en automne et allométrique négative en hiver. Par contre, chez la carpe commune, la relation poids

corporel/longueur totale a été corrélée en automne seulement et la croissance a été allométrique négative au cours des deux saisons. L'allométrie positive indique que la croissance du poisson est en faveur du poids, tandis que l'allométrie négative se réfère à une croissance en faveur de la longueur (taille). Bien que la valeur isométrique du coefficient de régression b est égale à 3, la fourchette habituellement rapportée diffère selon les études : elle se situe entre 2,50 et 3,50 (Pauly et Gayanilo, 1997), entre 2,50 et 4,00 (Offem et al., 2009), ou entre 2,00 et 4,00 (Montchowui et al., 2009).

Chez les deux espèces étudiées, le facteur de condition K a indiqué des valeurs > 1 au cours des deux saisons. D'après Fulton (1902), $K \geq 1$ exprime le « bien-être » d'une population au cours des stades variés de son cycle de vie, alors que $K < 1$ signifie que le poisson n'est pas en embonpoint dans son biotope. Le bien-être de la population du barbeau et de la carpe commune se serait donc bien exprimé dans le barrage de Beni Haroun au cours de la période d'étude.

Le rapport hépato-somatique (RHS) est un marqueur physiologique d'intérêt majeur en écotoxicologie car, dans certains contextes pollués, une augmentation ou une diminution de ce rapport ont été mises en évidence chez les poissons (Fletcher et al., 1982). Dans notre étude, le RHS n'a pas montré de différence significative entre le barbeau et la carpe durant les deux saisons, témoignant d'une adaptation importante à l'écosystème, laquelle s'est bien exprimée par une bonne indication automnale et hivernale du facteur K . Par conséquent, les deux espèces semblent être résistantes aux conditions de vie vue la stabilité de leur RHS.

La déficience des systèmes de défense antioxydante à éliminer l'excès des ROS peut entraîner différents types de dommages cellulaires dont le plus largement étudié est la peroxydation lipidique susceptible d'induire des altérations structurales et chimiques des membranes cellulaires. Ses effets peuvent être évalués à différentes étapes de la dégradation des lipides : en phase initiale (diènes conjugués), intermédiaire (hydroperoxydes lipidiques) ou terminale (TBARS). Les niveaux de TBARS ont été utilisés comme marqueurs de stress oxydatif reflétant l'état de peroxydation des membranes cellulaires chez de nombreuses espèces d'invertébrés et vertébrés marins

mais aussi dulçaquicoles. Principalement associés à l'effet toxique des xénobiotiques, ces niveaux peuvent être influencés par différents paramètres du milieu comme la salinité et la température chez les poissons. De plus, dans différentes populations de la même espèce, les taux de TBARS peuvent montrer des variations saisonnières. Cependant, de nombreuses études récemment réalisées en milieu aquatique ont montré que les niveaux de peroxydation lipidique sont majoritairement affectés par des polluants environnementaux de différente nature (**Amiard et Amiard-Triquet, 2008**). La méthode d'évaluation préférable de ce phénomène consiste alors à doser un des produits finaux de dégradation des acides gras, le malonedialdéhyde (MDA), fraction majeure des TBARS, dont la teneur est en relation étroite avec les dégradations de la membrane cellulaire et, d'une manière générale, avec le stress oxydatif subi par les cellules de l'organisme (**Lefèvre et al., 1998**). Dans notre étude, un certain taux de TBARS a été révélé chez les deux espèces, mais aucune différence significative n'a été démontré au cours des saisons exploitées. Cependant, il est important de noter qu'il y a eu une grande variabilité interindividuelle chez chaque espèce sans qu'elle soit significative sur le plan écotoxicologique. Un des aspects essentiels de la toxicité des xénobiotiques est la notion de susceptibilité individuelle. Une susceptibilité différente des individus peut être due à un profil génétique particulier, par exemple dans les gènes du métabolisme des xénobiotiques et les gènes régulateurs (**Ingelman-Sundberg et al., 1999**). Ces résultats indiquent que la capacité de détoxification hépatique et le degré de défense antioxydante qui en est associé pourraient être similaires chez les deux espèces durant la période d'étude. Cela suggère que le barbeau et la carpe commune ont une bonne résistance à l'environnement étudié, et que l'effet d'une intoxication occasionnelle aux xénobiotiques ne ferait nécessairement pas intervenir le stress oxydatif hépatique comme un mécanisme pathologique principal.

Par ailleurs, le profil physicochimique de l'eau au site d'échantillonnage a montré des indices qui nécessitent d'être interprétés afin de déterminer la convenabilité du milieu dans lequel les poissons vivent. Le pH mesuré indique une neutralité approchée, une caractéristique de la plupart des eaux de surface, mais pourrait révéler aussi une évaporation plus ou moins considérable (**Anonyme #6, 2016**). La salinité et la

conductivité, deux paramètres étroitement liés, ont montré des valeurs raisonnables dans l'eau du barrage. La turbidité indique que cette eau est claire, ce qui reflète la faible présence de particules en suspension (débris organiques, argiles, organismes microscopiques). La pauvreté en microorganismes est supportée par la présence d'une quantité minime (traces) de chlore résiduel, lequel constitue une protection persistante contre les maladies à caractère microbiologique auxquelles les poissons sont exposés. La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Cette concentration est extrêmement faible (traces) dans l'eau du barrage, ce qui suggère que le milieu est chargé en matières organiques dégradables par des microorganismes. Une valeur inférieure à 1 mg d'O₂ par litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments. En outre, la DBO₅ mesurée révèle que le milieu étudié est légèrement pollué. Lorsque l'eau est trop peu oxygénée, les conditions d'anaérobiose risquent également de se traduire par une accumulation de composés ammoniacés susceptibles d'intoxiquer la faune et la flore. L'azote ammoniacal (NH₄⁺) résulte essentiellement de la dégradation aérobie de l'azote organique (protéines, acides aminés, urée). La dégradation du NH₄⁺ en nitrites (NO₂⁻) puis en nitrates (NO₃⁻) via le processus de nitrification consomme de l'oxygène dissous et participe aux phénomènes d'eutrophisation en milieu aquatique. Cette dégradation s'exprime bien dans nos résultats qui démontrent une concentration croissante en passant du NH₄⁺ aux NO₃⁻, tout en restant dans les normes (**Anonyme #7, 2007 ; Anonyme #8, 2011**).

Par conséquent, les résultats physicochimiques mettent en évidence un déséquilibre abiotique qui reflète un écosystème défavorable. Le taux de xénobiotiques organiques qui y existent peut-être important comme le démontre l'oxygénation faible, si bien qu'une teneur hépatique marquée en TBARS ait été trouvée.

CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES

Conclusion et Perspectives

Notre étude a fait preuve d'une variation biométrique importante entre le barbeau et la carpe commune en fonction des saisons exploitées, à savoir l'automne et l'hiver. Des changements morphométriques intraspécifiques ont été aussi trouvés d'une saison à l'autre, ce qui témoigne de la complexité de la croissance chez ces espèces au sein du barrage de Beni Haroun. L'association de la longueur totale des poissons à leurs poids corporels a révélé une croissance allométrique variable (positive en automne et négative en hiver) chez le barbeau et une croissance allométrique négative chez la carpe commune. D'autre part, le RHS et la teneur hépatique en TBARS ont eu des valeurs similaires chez les deux espèces pendant la période d'étude. Néanmoins, une grande variabilité interindividuelle des taux de TBARS a été enregistrée. L'analyse physicochimique de l'eau du barrage au site d'échantillonnage a clairement indiqué l'existence d'une quantité considérable de substances organiques qui représentent inévitablement un réservoir de xénobiotiques pour les poissons. Cependant, chez les espèces étudiées, une bonne indication du facteur de condition K a été démontrée, relevant de leur adaptation à leur écosystème défavorable. Par ailleurs, il est intéressant de spéculer que, d'après le taux tolérable des TBARS, la susceptibilité générale de ces espèces à une pollution occasionnelle ne dépendrait pas nécessairement d'un stress oxydatif hépatique.

De ce fait, il serait intéressant de développer les points suivants :

- Effectuer une étude spatio-temporelle chez toutes les espèces de poissons issus du barrage de Beni Haroun.
- Evaluer les paramètres biochimiques (taux des lipides et des protéines) en relation avec la peroxydation lipidique et la dénaturation protéique provoquées par un stress oxydatif éventuel au niveau du foie et des branchies.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

Aarab N (2004) Les biomarqueurs chez les poissons et les bivalves: de l'exposition à l'effet et du laboratoire au terrain [Thèse de doctorat] page 27-28-29.

Adams SM, Bevelhimer MS, Greeley MS, Levine DA et The SJ (1999) Ecological risk assessment in a large river-reservoir, Bioindicators of fish population health; Environ Toxicol. Chem. 18 628-640.

Adams SM, Greeley MS, McHugh J, Noga EJ et Zelikoff JT (2003) Application of multiple sublethal stress indicators to assess the health of fish in Pamlico Sound following extensive flooding; Estuaries. 26 1365-1382.

Agence Nationale de Développement de l'Investissement (2013).

Agence Nationale des Barrages et de Transfert (2014).

Agence Nationale des Barrages et de Transfert (2015).

Amiard JC et Amiard-Triquet C (2008) Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques [Livre], pages 32 et 33.

Anonyme #1 (2015) Les nageoire des poissons.
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid>

Anonyme #2 (2015) Les lignes latérales et les barbillons des poissons.
<http://www.aquafolie.com/poissons-et-autres/anatomie-des-poissons.html>

Anonyme #3 (2015) Anatomie externe et interne des poissons.
<http://atelierpeche.free.fr/4Biologie%20Piscicole/anatomie%20interne.html>

Anonyme #4 (2005) Voies métaboliques hépatiques, métabolisme glucidique.
<http://biology.about.com/library/organs/bldigestliver5.htm>

Anonyme #5 (2005) métabolisme protéique et lipidique.
www.doctissimo.fr/html/dossiers/hepatites/sa_5059_foie_organe_multifonctions.htm

Anonyme #6 (2016) Analyse physicochimique.
http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm

Anonyme #7 (2007) Utilisation du chlore : potabilisation de l'eau de boisson, désinfection du matériel artisanal et autres surfaces sensibles.

http://www.antenna.ch/documents/traitement_eau.pdf

Anonyme #8 (2011) Qualité physicochimique générale des eaux de surfaces : eau et environnement aquatique.

http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/fmet_qualitegenerale_senne_fr.pdf

Atrouz F et Lefilef A (2014) Evaluation de la qualité des eaux de l'oued Rhumel (paramètres physico-chimiques et biologiques) [Mémoire de Master] page 24.

Ballet F et Thurman R (1957) Foie isolé perfusé applications cliniques et fondamentale ; Franc. Les éditions insern. 151.

Balon EK (1995) Origin and domestication of the wild carp *Cyprinus carpio*, from Roman gourmets to the swimming flowers; Aquaculture. 129 3-48.

Baras E (1993) Etude des stratégies reproductrices de *Barbus barbus* ; Cah Ethol. 13 175-176.

Baras E (1994) Constraints imposed by high densities on behavioural spawning strategies in the barbel, *Barbus barbus* ; Folia Zool. 43 255-267.

Baras E (1997) Environmental determinants of residence area selection by barbus in the river ourthe; Aqua living res. 10 195-206.

Baras E et Philippart JC (1999) Adaptation and evolutionary significance of a reproductive thermal threshold in *barbus barbus*; J Fish. Biol. 55 354-375.

Beaumont A et Cassier P (2009) Biologie animale, Les cordés ; Anatomie comparée des vertébrés. 9 ème édition. Page 441-442.

Bencherifa A et Swearing WD (1995) American institute for maghibi studies royaume du Maroc [Mémoire de Magistère] Page 216-295.

Billard R (1995) Les carpes, biologie et élevage. Paris. INRA. Page 388.

Billard R, Gaillard PJ et Boer HH (1978) Endocrine controle of the Teleost reproductive cycle and its relation to external factors, Salmonid and Cyprinid models; In Comp Endocrinol. Elsevier Biomed Press Amsterdam. Page 37-48.

Blanchard E (1966) poissons des eaux douces de la France. À paris. Page 95.

Bouzidi N (2007) Evaluation de la teneur en nitrates dans les eaux minérales Naturelles et eaux de captage destinées à la consommation humaine[Mémoire d'anginourat D'état en pathologie des écosystèmes] Page 14.

Bremond R et Vuichard R (1973) Les paramètres de la qualité de l'eau ; La Documentation française. Paris. Page 173-180.

Bruslé J et Quignard JP (2001) Biologie des poissons d'eau douce européens ; 1^{er} édition. Page 7.

Buege JA et Aust SD (1978) Microsomal lipid peroxidation. Methods Enzymol. 52:302-310.

Carnevali O, Mosconi G, Yamamoto K, Kobayashi T, Kikuyama S et Polzonetti Magni AM (1992) Hormonal control of in vitro vitellogenin synthesis in Rana Esculenta liver, effects of mammalian and amphibian growth hormone; General and Comparative Endocrinology. 88 406-414.

Carus CG et Jourdan AJ (1835) Traité élémentaire d'anatomie comparée ; Paris. 1er edition. Page 47.

Causey Whittow G (1999) Sturkie savian physiology. 5^e edition. Academic Press. Page 685.

Chaâlal OM (2012) Mila La wilaya; Edition Albayazin. Alger .page 209.

Chardon M et Vandewalle P (1997) Evolutionary trends and possible origin of the Weberian apparatus; Netherland J zool. 47 383-403.

Claire M, Bacq C et Dusart J (2003) Microbiologie prescott ; Harley Klein. 2^{ème} édition. Page 173.

Crivelli AG (1981) the biology of the common carp cyprinus carpio in the camargue; southern France. J fish Biol. 18 271-290.

Crochard et Libraires C (1835) Anatomie comparie. Paris. 2^{ème} édition. Page 428.

Daget J (1967) les poissons du Niger supérieure. 2^{ème} édition. Page 34-38.

Davies KB, Goudie CA, Simco BA, Mac Gregor R et Parker NC (1986) Environmental regulation and influence of the eyes and pineal gland on the gonadal cycle and spawning in channel catfish (*Ictalurus punctatus*); *Physiol. Zoo* 1. 59 717–724.

Desjardins R (1997) Le traitement des eaux. ; Deuxième édition revue et enrichie. Page 117-118.

Direction de la Pêche – Mila (2015).

Direction des Travaux Maritimes (2008).

Escudero G (1997) Model for the study of the selection of environmental parameters in freshwater fish; *Polskie archiw hydrobiol.* 44 359-375.

Fletcher GI, King MJ, Kiceniuk JW et Dye HM (1982) Liver hypertrophy in winter flounder following exposure to experimentally oiled sediments. *Comp. Biochem. Phys.* 73:457-462.

Fulton (1902) Rate of growth of seas fishes. *Sci. Invest. Fish. Div. Scot. Rept.*, 20:1035–1039.

Genten F, Terwinghe E et Danguy A (1887) Histologie illustrée du poisson ; Bruxelles. Editions QUAE. Page 191.

Gravier JF (1986) propriétés des fluides de gisements, Cours de production; Éditions technip. Page 184.

Gueguen Y, Mouzat K, Ferrari L, Tissandie E, Lobaccaro J, Batt A, Paquet F, Voisin P, Aigueperse J et Gourmelon P (2006) Cytochromes xénobiotique métabolisme, Régulation and clinical importance ; *Ann Biol clin.* 450 48-535.

Guillaume J, Kaushik S, Bergot P et Métailler R (1999) Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Édition QUAE. Page 55-59.

Himmi N, Fekhaoui M, Foutlane A, Bouchic H, Mmaroufy M, Benazzout T et Hasnaoui M (2003) Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione laguna mista Beni Slimane – Morocco [Mémoire] Page 110–111.

Huss H (1988) Le poisson frais : qualité et altérations de la qualité. Édition Danida (FAO).
Page 9-10.

Idler DR et Campbell CM (1980) Gonadotropin stimulation of estrogen and yolk
Ingelman S (1999) Polymorphic Human Cytochrome Enzymes, An opportunity for
individualized drug treatment; Trends pharmacol. 31 381-90.

Ingelman-Sundberg M, Oscarson M et McLellan RA (1999) Polymorphic human
cytochrome P450 enzymes: an opportunity for individualized drug treatment. Trends
Pharmacol Sci, 20:342-349.

**Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de
l'Environnement (2005).**

Iqbal A , Tariq H , Masroor F , Chand HS, Jain S K, Athar M et Raisuddin S (2000)
Induction of hepatic antioxydants in freshwater catfish (*Channa punctatus* Bloch) is a
biomarker of paper mill effluent exposure; Biochimica et Biophysica. Acta. 1523 37-48.

Jankovic D (1971) Reproduction of Carp (*Cyprinus carpio carpio* L) in Lake Skadar; Arhiv
Bioloskih Nauka. Beograd. 23 73-92.

Jennifer C, Smith S et Sanderson L (2013) Particle retention in suspension-feeding fish
after removal of filtration structures; Zoology. 116 348-355.

Junger H (1989) Comparative morphology and ecomorphology of the gut in European
cyprinids (teleostei); J Fish. Biol. 34 315-326.

Koymans L, keldergm DO, Koppele T et Vermeulennpe (1993) Cytochrome their active
site structure and mechanism of oxidation; drug met rev. 25 325-387.

Kraiem M (1979) Ecologie du barbeau fluviatile *Barbus barbus* (poisson cyprinidé) dans le
Haut Rhône français [Thèse de doctorat] Page 65.

Kraiem M (1980) Contribution à l'étude du régime alimentaire de *Barbus barbus* dans le
Haut Rhône français ; Bull. pix. 278 1-10.

Le Cren ED (1951) The length-weight relationships and seasonal cycle in gonad weight and
condition in perch (*Perca fluviatilis*). Journal of animal Ecology, 20(2): 201-219.

- Le Menn F (1979)** Induction of vitellogenin by estradiol and androgens in a teleostean fish, *Gobius Niger*; Académie des Sciences. Paris. Pag 289-413-416.
- Le Pimpec P, Liénard A, Bonnard R, La font M, Cazin B, Bossard PM, Hubert B et Bray M (2002)** Guide pratique de l'agent préleveur, Chargé de la police des milieux aquatiques coordinateur ; paul le primpec. Page 129-216.
- Lefèvre G, Beljean-Leymarie M, Beyerle F, Bonnefont-Rousselot D, Cristol JP, Thérond P et Torreilles J (1998)** Evaluation de la peroxydation lipidique par le dosage des substances réagissant avec l'acide thiobarbiturique. *Annales de Biologie Clinique*, 56(3):305-319.
- Lévêque C (1996)** Ecosystème aquatique ; Paris. Hachette. Page 159.
- Leynaud G et Allardi J (1975)** Incidences d'un rejet thermique en milieu fluvial sur les mouvements des populations ichthyologiques, envire effects of cooling systems to nuclear power plants ; Int atomic energy agency . vienna. Pag 401-408.
- Little DC et Edwards P (2005)** systèmes agricoles intégrés bétail-poisson. Page 86-87.
- Livingstone D (2001)** Contaminant stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organism; *Mar. Pollut. Bull.* 42 656-666.
- Livingstone D, Lips F, Garcia Martinez P et Pipe RK (1991)** Antioxidant enzymes in the
- Maitland PS (1987)** Le multiguide des poissons des lacs et des rivières d'Europe en couleurs. Edition Bordas. Page 255.
- Makhouch M, Sbaa M, Berrahou A, Clooster M et Van (2011)** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). Faculté des Sciences. Université Mohammed Premier. Faculté des Sciences. Centre de l'Oriental des Sciences et Technologies de l'Eau. Oujda Maroc Pag 157.
- Mann R, Cowx IG et Welcomme RL (1998)** Habitat requirements of fish (cyprinids) In, *Rehabilitation of rivers for fish*; Fishing News Books. Blackwell Sci. Page 28-41.
- Mansuy D (2013)** Metabolism of xenobiotics, beneficial and adverse effects; *Biol. Aujourd'hui*. 207 33-37.
- Markert BA, Breure AM et Zechmeister HG (2003)** Bioindicators and Biomonitors, Principles; Concepts and applications. (Vienne: Elsevier). Page 235-238.

- Martin G et Laffort P (1982)** Point sur l'épuration et le traitement des effluents (Eau/Air) ; Tec et Doc. Vol. 1 73.
- Mebarki A (2004)** Hydrologie des Bassins de l'Est Algérien [Thèse Doc] Page 360.
- Merabet S (2010)** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuée du barrage réservoir du Beni Haroun [Mémoire de Magister] Page 58- 59.
- Miyake M (1990)** Manuel d'opérations pour statistiques et l'échantillonnage des thonidés et espèces voisines dans l'océan Atlantique.
- Moisan J et Pelletier L (2008)** Guide de surveillance biologique basée sur les macros invertébrées benthiques d'eau douce du Québec ; Page 4-8-10.
- Montchowui E, Kogbeto MJ et Lalèyè P (2009)** Weight-length relationships for commercial fish species caught in Lake Hlan in Benin (West Africa). Int. J. Biol. Chem. Sci., 3(3):612-616.
- Myers MS et Fournie JW (2002)** Histopathological biomarkers as integrators of anthropogenic and environmental stressors, Dans Biological Indicators of Aquatic Ecosystem Stress; SM Adams. Éditeur. (Bethesda: American Fisheries Society). Page 221-288.
- N'dlaye D, Khadigettou MS et Kankou A (2013)** Contribution de L'étude de la qualité physico-chimique des eaux de la rive droite du fleuve senegal. Page 3.
- Nalco (1983)** Manuel de l'eau; Tec- Doc. Lavoisier. Paris.
- Nelson JS (1994)** Fishes of the world; 3rd .ed. New York. Page 600.
- Nikolsky GV (1963)** The Ecology of Fishes (Translated by L. Birkett); Academic Press. London. Page 352.
- Offem OB, Samsons AY et Omoniyi TI (2009)** Length-weight relationship, condition factor and sex ratio of forty-six important fishes in a tropical flood river. Research Journal of Fisheries and Hydrobiology, 4(2): 65-72.
- Office Nationale de la Météorologie (2007).**
- Office Nationale de la Météorologie (2015).**

Osse JW et Ven der B (1995) Fish larvae, Development Allometric growth and the aquatic environment; ICES mar. Sci Symp. 201 21-34.

Osse JW, Ven der B, van Snik G et Ven Der S (1997) Priorities during early growth of fish larvae; Aquaculture. 155 249-258.

Pauly D et Gayanilo FCJr (1997) Abee: An alternative approach to estimating the parameters of length-weight relationship from length-frequency samples and their bulk weights. ICLARM, Manila, Philippines. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tool (FiSAT). Reference Manual, FAO Comp. Inf. Ser./Fish. 8, page 262.

Philippart JC et Baras E (1989) Application du radiopistage à l'étude éco-éthologique du barbeau fluviatile (*barbus barbus*), problèmes Stratégies et premières résultats ; Cah Ethol. Appl. 9 467-494.

Philippart JC et Baras E, (1996) Comparison of tagging and tracking studies to estimate mobility patterns and home range in *Barbus barbus*.IN : underwat Biotelemetry. Pag 3-12.

Poncin P (1994) Bilan de 4 années d'étude du comportement reproducteur et de l'hybridation chez *barbus barbus* et *barbus meridionalis* ; Bull. FR pêche pix. 334 169-176.

Poncin P (1997) Utilisation de la température et de la photopériode pour contrôler la maturité sexuelle en captivité de trois espèces de poisson cyprinidés européens (*Barbus Barbus*), *Lenciscus cephalus* et *tinca tinca* ; Résultats préliminaires. Bull. Fr pêche. Rix. 304 1-12.

Pouilly M (1994) Relation entre l'habitat physique et les poissons des zones à cyprinidés rhéophiles dans trois cours d'eau du bassin rhodanien [Thèse de doctorat ès sciences] Page 255.

Rassou K (2009) Etude des interactions entre les eaux de souterraines et les Eaux de surface dans le bassin côtier d'oualidia [Thèse de doctorat en Hydrogéologie] Page 93.

Recensement Général de la Population et de l'Habitat (2008).

Rejsek F (2002) Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques ; Bordeaux. Page 360-385.

Ricker WE (1975) Stock and recruitment. In: Reading in Aquatic Ecology, Ford, Hazen (eds), page 397.

Rivier B (1996) Lacs de haute altitude, Méthode d'échantillonnage ichtyologique gestion piscicole ; 1^{er} édition. Page 81.

Sibbing FA (1982) Pharyngeal mastication and food transport in the carp (cyprinus carpio), A cineradiographic and electromyographic study; J morph. 172 223-258.

Sibbing FA (1985) Food processing in the orobranchial cavity of the carp; Fortschr. Zool. 30 233-236.

Sibbing FA et Uribe R (1985) Regional specialization in the oro-pharyngeal wall and food processing in the carp (cyprinus carpio); Netherl J. Zool. 35 377-422.

Station Météorologique du Barrage Beni Haroun (2015).

Tome V (1847) Histoire naturelle des poissons. A paris. Page 39.

Watkins MS (1997) Microhabitats use by 0+ and older fishes in a small English chalk stream; J fish. Boil. 50 1010-1024.

Yildirim N C, Benzer F et Danabas D (2011) Evaluation of environmental pollution at Munzur river of Tunceli applying oxidative stress biomarkers in Cappota trutta (Heckel, 1843); J Anm. Plant Sci. 21 66-71.

Zardoya R et Doadrio I (1999) Molecular evidence on the evolutionary and biogeographic patterns of European Cyprinids; J Mol. Evol. 49 227-237.