

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Domaine : S.N.V

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Écologie marine

THÈSE

PRESENTÉE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT ES SCIENCES

Par

M. BENALI Sid Ahmed

THÈME

**Caractérisation biologique et génétique de la faune ichthyologique
aquatique de la région Ouest Algérien**

Soutenue publiquement le : 30/04/2024

Devant le jury :

BENAKRICHE Ben Mehel	Professeur	Université de Mostaganem	Président
GAOUAR Souheil Bechir Semir	Professeur	Université de Tlemcen	Directeur de thèse
GHOUMARI Sidi Mohammed	Professeur	Université de Mostaganem	Co-Directeur de thèse
ROUANE Hacene Omar	Professeur	Université d'Oran 1	Examinateur
BENKADA Ahmed Mohammed Ali	Professeur	Centre Universitaire de Tissemsilt	Examinateur
BORSALI Sofia	MCA	Université de Mostaganem	Examinatrice

Année universitaire 2023 - 2024

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail

À mes chers parents qui m'ont appris le travail et le sens de la persévérance, qu'Allah leur réserve santé et longue vie

À ma chère épouse qui m'a supporté et soutenu

À mon frère Hakim et mes sœurs

À mes chers enfants, Chahine, Maissa, Islem et Ali

À mes collègues et mes proches qui m'ont soutenu tout au long de la réalisation de ce travail.

Remerciements

Alhamdoulillah, tout Puissant de m'avoir créé et de m'avoir guidé tout au long du chemin pour pouvoir faire ce travail.

Mes premiers remerciements vont à mon directeur de thèse Pr Gaouar Souheil Bechir Semir, Directeur du Laboratoire de génétique appliquée à l'agriculture, à l'écologie et à la santé publique (GenApAgiE), qui depuis qu'il m'a proposé de faire ce travail, n'a pas cessé de m'encourager à persévérer et à continuer malgré les difficultés. Je lui suis reconnaissant de la confiance qu'il m'a accordée. Puissiez-vous trouver un témoignage de ma reconnaissance pour la valeur humaine que vous connaissez, et surtout pour votre sagesse et diplomatie.

Mes vifs remerciements vont à mon co-directeur Monsieur le Pr Ghoumari Sidi Mohammed, de m'avoir donné la chance de réussir ce travail. Dès notre première conversation, il m'a fait confiance et m'a fourni toutes les ressources dont j'avais besoin pour mener à bien ma thèse. Ses précieuses orientations, ses conseils et son avis scientifique m'ont permis d'y voir clair lors de la manipulation.

Je ne saurais jamais remercier assez Monsieur le Pr Benakriche Ben Mehel qui m'a fait un grand honneur en présidant ce jury et en examinant ce travail. Je mesure de plus la chance d'avoir bénéficié de ses conseils bienveillants et son aide efficace, malgré ses nombreuses occupations scientifiques et administratives. Je salue en lui son efficacité et lui exprime ma plus vive reconnaissance.

Je remercie très particulièrement Dr Larbi Doukara Kamel, qui n'a épargné aucun effort pour m'aider à soulever toutes les difficultés rencontrées sur nos zones d'études. Ses remarques et ses précieux conseils, donnés avec une extrême amabilité, ont été très utiles pour mener à bien le présent travail. Je le remercie vivement et je lui exprime ma reconnaissance.

Je suis également reconnaissante à Pr. Rouane Hacene Omar, Dr. Borsali Sofia et Pr. Benkada Ahmed Mohammed Ali d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse et d'avoir consacré du temps à l'examen et l'évaluation critique de ce travail.

De nombreux autres amis et collègues en particulier Dr Medjahed Mostefa méritent mes sincères remerciements. Leurs noms n'apparaissent pas sur cette page, mais leur présence se ressent à travers les souvenirs qu'ils se sont faits lors de mon parcours.

BENALI Sid Ahmed

Résumé

Ce travail a été entrepris dans l'objectif d'étudier la diversité de la faune ichthyologique continentale dans les milieux naturels et artificiels de l'Ouest algérien, de dresser un état des lieux et un inventaire des espèces autochtones et introduites. Les spécimens capturés ont été observés et mesurés morphométriquement. Au total, 592 spécimens ont été capturés entre novembre 2017 et septembre 2019. L'investigation zoologique sur ces animaux a permis l'identification de 13 espèces, dont 9 sont des taxons introduits et 4 sont autochtones. Le barbeau et la carpe étaient les espèces les plus abondantes, avec 34% pour le barbeau et 23% pour la carpe. En matière de la diversité et la richesse spécifique, la composition de l'ichtyofaune de nos sites d'étude montre que la famille des Cyprinidés est largement répandue (77%). La partie de l'étude morphométrique c'est focaliser sur *L. mascarensis* et *L. lanigarensis*, où la moyenne de la longueur totale (TL) et la moyenne du poids total (Weight), des poissons au niveau du barrage Bouhrara étaient les plus importantes des quatre populations (33.03 ± 2.02 cm et 474.46 ± 116.76 g respectivement) tandis que ceux de la rivière Chouly étaient les plus petits (15.44 ± 1.23 cm et 55.55 ± 13.01 respectivement). L'analyse en composantes principales (ACP) pour les 8 variables quantitatives mesurés a montré que le plan factoriel totalisait une inertie de 98,3 % et 99,1 % respectivement pour *L. mascarensis* et *L. lanigarensis* et la classification hiérarchique des groupes effectuée a permis de diviser les 4 sites étudiés en deux groupes.

En outre, l'indice de Shannon et Weaver a été calculé à partir des différents caractères au niveau des quatre régions étudiées, la région du site B (barrage Bouhanifia) a présenté le plus haut indice de diversité moyenne avec 0,92, suivie de la région du site A (oued El-hammam) avec 0,88, alors que la valeur moyenne la plus basse a été observée au niveau du site C (oued Chouly) avec 0,29. En examinant le sex-ratio de la population étudiée, nous avons constaté que les femelles étaient plus abondantes que les mâles, ce qui favorise un rapport de sexe en faveur des femelles (1:1,7). Pour l'étude de croissance, les poissons capturés dans oued El-hammam présentent une croissance allométrique positive par rapport à ceux pêchés dans le barrage de Bouhanifia. Les individus capturés dans le barrage manifestent une légère tendance à prendre du poids par rapport à leur croissance en taille.

Mots clés : *Luciobarbus mascarensis*, *Luciobarbus lanigarensis*, mesures morphométriques, biodiversité, sex-ratio, facteur de croissance, autochtone, introduite, inventaire Ouest Algérien.

Abstract

This work was undertaken with the aim of studying the diversity of continental fish fauna in the natural and artificial environments of western Algeria, to draw up an inventory and draw up an inventory of native and introduced species. Captured specimens were observed and measured morphometrically. A total of 592 specimens were captured between November 2017 and September 2019. The zoological investigation of these animals led to the identification of 13 species, of which 9 are introduced taxa and 4 are native. Barbel and carp were the most abundant species, with 34% for barbel and 23% for carp. In terms of diversity and species richness, the composition of the ichthyofauna of our study sites shows that the Cyprinidae family is widespread (77%). The part of the morphometric study is to focus on *L. mascarensis* and *L. lanigarensis*, where the average total length (TL) and the average total weight (Weight) of the fish at the Boughrara dam were the largest of the four populations (33.03 ± 2.02 cm and 474.46 ± 116.76 g respectively) while those from the Chouly river were the smallest (15.44 ± 1.23 cm and 55.55 ± 13.01 g respectively). The principal component analysis (PCA) for the 8 quantitative variables measured showed that the factorial plan totaled an inertia of 98.3% and 99.1% respectively for *L. mascarensis* and *L. lanigarensis* and the hierarchical classification of the groups carried out made it possible to divide the 4 sites studied into two groups.

In addition, the Shannon and Weaver index was calculated from the different characters at the level of the four regions studied, the region of site B (Bouhanifia dam) presented the highest average diversity index with 0.92, followed by the region of site A (oued El-hammam) with 0.88, while the lowest average value was observed at site C (oued Chouly) with 0.29. By examining the sex ratio of the study population, we found that females were more abundant than males, favoring a sex ratio in favor of females (1:1.7). For the growth study, the fish captured in El-hammam wadi show a positive allometric growth compared to those caught in the Bouhanifia dam. Individuals captured in the dam show a slight tendency to gain weight relative to their growth in size.

Keywords: *Luciobarbus mascarensis*, *Luciobarbus lanigarensis*, morphometric measurements, biodiversity, sex-ratio, growth factor, indigenous, introduced, inventory, West Algeria.

ملخص

تم تنفيذ هذا العمل بهدف دراسة تنوع الحيوانات السمكية القارية في البيئات الطبيعية والصناعية في غرب الجزائر، لإجراء جرد وإجراء جرد للأنواع المحلية والمُدخلة. تمت ملاحظة العينات الملتقطة وقياسها شكليًا. تم التقاط ما مجموعه 592 عينة بين نوفمبر 2017 وسبتمبر 2019 ، مما أدى إلى تحديد 13 نوعًا ، تم إدخال 9 منها و 4 أصلية. كان البربل والكارب أكثر الأنواع وفرة ، حيث بلغت نسبتهما 34% للبربل و 23% للكارب. من حيث التنوع والثراء النوعي، يُظهر تكوين الثروة السمكية في مواقع دراستنا أن عائلة Cyprinidae منتشرة على نطاق واسع (77%). في جزء من الدراسة الشكلية لـ *L. mascarensis* و *Ls. lanigarensis*، متوسط الطول الكلي (TL) ومتوسط الوزن الإجمالي (الوزن) ، من سد بوغرارة كان الأكبر من بين المجموعات الأربعة (2.02 ± 33.03 سم و 116.76 ± 474.46 جم على التوالي) بينما كانت تلك من نهر الشولي الأصغر (1.23 ± 15.44 سم و 13.01 ± 55.55 على التوالي). أظهر تحليل المكون الرئيسي (PCA) للمتغيرات الكمية الثمانية أن الخطة العاملية بلغ إجماليها خمولاً بنسبة 98.3% و 99.1% بالنسبة إلى *L. mascarensis* و *Ls. lanigarensis* على التوالي وقد أتاح التصنيف الهرمي للمجموعات التي تم إجراؤها تقسيم المواقع الأربعة المدروسة إلى منطقتين.

بالإضافة إلى ذلك ، تم حساب مؤشر شانون وويفر من الصفات المختلفة الموجودة في المناطق الأربع المدروسة ، حيث قدمت المنطقة B (سد بوحنيفية) أعلى مؤشر متوسط للتنوع بلغ 0.92 ، تليها منطقة الموقع A (واد الحمام) بقيمة 0.88 بينما أقل متوسط قيمة لوحظ في الموقع C (واد شولي) و بلغ 0.29. من خلال فحص نسبة الجنس لمجتمع الدراسة ، وجدنا أن الإناث كانت أكثر وفرة من الذكور ، مع تفضيل نسبة الجنس لصالح الإناث (1.7 : 1). بالنسبة لدراسة النمو ، أظهرت الأسماك التي تم اصطيادها بوادي الحمام نموًا إيجابيًا في القياس مقارنة بتلك التي تم صيدها في سد بوحنيفية.

الكلمات الدالة :

لوسيوباربوس ماسكارينسيس ، لوسيوباربوس لانيجارينسيس ، القياسات الشكلية ، التنوع البيولوجي ، نسبة الجنس ، عامل النمو ، غرب الجزائر .

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Inventaire actualisé des poissons d'eau douce en Algérie</i>	45
<i>Tableau 2 : Les coordonnées (GPS) des localités d'échantillonnage</i>	60
<i>Tableau 3 : Descriptive des mesures morphométriques utilisées dans cette étude</i>	68
<i>Tableau 4 : Liste des spécimens capturés</i>	77
<i>Tableau 5 : Overall des mesures morphométriques</i>	97
<i>Tableau 6 : Statistique descriptive par site d'étude</i>	99
<i>Tableau 7 : Estimation des indices de diversité de Shannon pour les caractéristiques morphométriques étudiées</i>	106
<i>Tableau 8 : L'analyse du sex-ratio</i>	109
<i>Tableau 9 : Paramètres de la relation poids-longueur de <i>Luciobarbus mascarensis</i></i>	114
<i>Tableau 10 : Équation de la régression poids-longueur et facteur de condition K</i>	115

Liste des figures

Figure 1 : Formes des poissons	4
Figure 2 : Arbre généalogique des vertébrés	6
Figure 3 : Squelette d'un poisson osseux.....	8
Figure 4 : Atrophie de la corde.....	8
Figure 5 : Disposition des nageoires chez la perche de rivière	10
Figure 6 : Position des nageoires pelviennes	10
Figure 7 : Position de la bouche.....	12
Figure 8 : Mâchoires des poissons osseux	12
Figure 9 : Mâchoire d'un Black-bass (<i>Micropterus salmonidés</i>), pêché dans le barrage de Boughrara	13
Figure 10 : Os pharyngiens chez les cyprinidés	13
Figure 11 : Des dents pharyngiennes d'une carpe (<i>Cyprinus caprio</i>), pêchée dans le barrage de Boughrara.....	13
Figure 12 : Activité branchiale d'un poisson osseux.....	16
Figure 13 : Arcs branchiaux d'une carpe (<i>Cyprinus carpio</i>), pêchée dans le barrage de Bouhanifia	16
Figure 14 : Schéma de l'appareil circulatoire d'un poisson osseux	17
Figure 15 : Arcs branchiaux d'une carpe (<i>cyprinus carpio</i>), pêchée dans le barrage de Bouhanifia	19
Figure 16 : Arcs branchiaux portant les branchiospines.....	19
Figure 17 : Organes internes d'un poisson osseux	21
Figure 18 : Organes internes d'une carpe (<i>Cyprinus carpio</i>), pêchée dans le barrage de Bouhanifia	21
Figure 19 : Vessie natatoire double d'une carpe (<i>Cyprinus carpio</i>), pêchée dans le barrage de Bouhanifia	21
Figure 20 : Les différentes formes de la vessie natatoire	22
Figure 21 : Les différents types d'écailles	24
Figure 22 : Lecture d'âge du poisson à partir des écailles	24
Figure 23 : Organes sensoriels d'un poisson osseux.....	27
Figure 24 : Vessie et labyrinthe.....	27
Figure 25 : Otolithe d'une carpe (<i>Cyprinus carpio</i>), pêché dans le barrage de Boughrara	28
Figure 26 : La vision d'un poisson.....	28
Figure 27 : La ligne latérale chez les poissons osseux	29
Figure 28 : La ligne latérale d'un Black-bass (<i>Micropterus salmoides</i>), pêché dans le barrage de Boughrara	29
Figure 29 : De la source à l'embouchure	32
Figure 30 : Barbeau (<i>Luciobarbus lanigarensis</i>).....	51
Figure 31 : Zone d'étude depuis Oued El hammam (bassins versants Macta).....	55
Figure 32 : Zone d'étude depuis oued Tafna (bassins versants Tafna).....	55
Figure 33 : Les différents sites de l'étude.	58
Figure 34 : Description du milieu d'étude.....	59

Figure 35 : la pêche a la canne.	61
Figure 36 : la pêche au filet de type trémail.	61
Figure 37 : Différentes dimensions des sachets hermétiques utilisés.	62
Figure 38 : Échantillonnage aléatoire simple : (à gauche) dans l'espace et (à droite) dans le temps	63
Figure 39 : Carte de répartition des échantillons.	64
Figure 40 : Image illustrant la biodiversité de la faune ichthyologique dans notre région d'étude.	65
Figure 41 : Les différents équipements employés lors de notre étude dans les eaux continentales de l'Ouest Algérien.	67
Figure 42 : les mesures morphométriques appliquées sur les poissons capturés	68
Figure 43 : Distribution spatiale des sites d'échantillonnages sans poissons.	75
Figure 44 : Diagramme circulaire, représentant le nombre d'individus pêché par espèce (en pourcentage)	78
Figure 45 : Le nombre des spécimens capturés en fonction de l'espèce.	78
Figure 46 : La composition de l'ichtyofaune de nos sites d'étude (en pourcentage).	79
Figure 47 : Illustration visuelle de l'impact de la pollution dans notre zone d'étude (Oued Tafna : 34°47'46.1"N 1°38'50.4"W). (Benali et al., 2021)	80
Figure 48 : Pourcentage des espèces introduites et autochtones.	81
Figure 49 : <i>Cyprinus carpio</i> [barrage Bouhanifia]	84
Figure 50 : <i>Cyprinus carpio carpio</i> [barrage Bouhanifia]	85
Figure 51 : <i>Carassius carassius</i> [barrage Bouhanifia]	86
Figure 52 : <i>Scardinius erythrophthalmus</i> [barrage Bouhanifia]	87
Figure 53 : <i>Carassius gibelio</i> [barrage Bouhanifia]	88
Figure 54 : <i>Luciobarbus mascarensis</i> [barrage Bouhanifia]	89
Figure 55 : <i>Luciobarbus chelifensis</i> [Oued Chelif]	90
Figure 56 : <i>Luciobarbus lanigarensis</i> [Oued Tafna]	91
Figure 57 : <i>Gambusia affinis</i> [Oued Tafna]	92
Figure 58 : <i>Micropterus salmoides</i> [barrage Boughrara]	93
Figure 59 : <i>Alburnus alburnus</i> [barrage Bouhanifia]	94
Figure 60 : <i>Abramis brama</i> [Signalé/non pêcher]	95
Figure 61 : <i>Anguilla anguilla</i> [Signalé/non pêcher]	96
Figure 62 : Analyse en composantes principales (ACP) basée sur des mesures morphométriques.	102
Figure 63 : la contribution des variables dendrométriques a la construction des axes de l'Analyse en Composantes principales (ACP).	103
Figure 64 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) pour les différents sites.	104
Figure 65 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) récapitulative des 4 populations (A, B, C et D) sur moyennes des caractères étudiés.	105
Figure 66 : Résultats de l'étude morphométrique menée sur les spécimens de <i>Luciobarbus mascarensis</i> capturés des deux sites (A et B) en fonction du sexe.	111

<i>Figure 67 : Résultats de l'étude morphométrique menée sur les spécimens de <i>Luciobarbus lanigarensis</i> capturés des deux sites (C et D) en fonction du sexe.....</i>	<i>112</i>
<i>Figure 68 : Localisation d'oued El-Hammam et le barrage de Bouhanifia.....</i>	<i>113</i>
<i>Figure 69 : Relation poids-longueur de <i>Luciobarbus mascarensis</i> dans oued El-Hammam.....</i>	<i>116</i>
<i>Figure 70 : Relation poids-longueur de <i>Luciobarbus mascarensis</i> dans le barrage de Bouhanifia.....</i>	<i>117</i>

Sommaire

Dédicaces	II
Remerciement	III
Résumé	IV
Abstract.....	V
ملخص.....	VI
Liste des tableaux.....	VII
Liste des figures	VIII
Introduction générale	1

CHAPITRE I : ANATOMIE D'UN POISSON

Introduction.....	3
1- Morphologie du poisson.....	3
2- Squelette et vertèbres	5
- Fixation du squelette.....	7
3- La locomotion	9
- Deux cordons musculaires pour la locomotion	11
4- Mâchoires et dents.....	11
5- Respiration et circulation.....	14
6- Les organes du poisson.....	17
6.1- La vessie natatoire	19
6.2- Peau et écailles.....	23
6.3- Des organes sensoriels extrêmement développés	25
7- De la source à l'embouchure.....	30

CHAPITRE II : PRINCIPES DE LA CARACTERISATION BIOLOGIQUE ET GENETIQUE

1- La diversité génétique	34
1.1- Diversité interspécifique	34
1.2- Diversité intraspécifique	35
2- Mesures de la diversité génétique	36

2.1- L'analyse de variance des données moléculaires, AMOVA :	37
2.2- Distance génétique.....	37
2.3- Représentation graphique : UPGMA.....	38
3- Évaluation de la biodiversité des poissons d'eau douce en Algérie	40
4- Évaluation de l'état écologique des poissons d'eau douce en Algérie.....	42
4.1- Selon l'origine	42
4.2- Selon la nutrition.....	43
4.3- Selon la conservation	43
4.5- Selon la protection	43
5- Évaluation de la diversité ichtyologique.....	43
- Inventaire systématique actualisé des espèces recensées entre 1842 et 2018.....	43
6- Phylogéographie des barbeaux: origine et évolution	51

CHAPITRE III : MATERIEL & METHODES

1- Objectifs du travail.....	54
2- Zones d'études.....	54
2.1- Les rivières	56
2.1.1- Oued Tafna (Zone D).....	56
2.1.2- Oued El Hammam (Zone A)	57
2.2- Les barrages.....	57
2.2.1- Barrage de Boughrara (Zone C)	57
2.2.2- Barrage de Bouhanifia (Zone B).....	57
3- Matériel de pêche	60
4- Méthodes de pêche	62
5- Échantillonnage.....	62
6- Observations et mesures morphométriques	66
6.1- Sex Ratio	69
6.2- Étude de la croissance	69
6.2.1- Facteur de condition (K)	69
6.2.2- Croissance relative (Relation longueur totale – poids)	70
7- Étude de la biodiversité.....	71

- Indice de diversité Shannon-Weaver (H).....	71
8- Méthodes statistiques	72

CHAPITRE IV : RESULTATS & DISCUSSION

1- Résultats de pêche	75
2- Espèces de poissons rencontrées lors de cet inventaire	82
2.1- <i>Cyprinus carpio</i> :	84
2.2- <i>Cyprinus carpio carpio</i> :	85
2.3- <i>Carassius carassius</i> :	86
2.4- <i>Scardinius erythrophthalmus</i> :	87
2.5- <i>Carassius gibelio</i> :	88
2.6- <i>luciobarbus mascarensis</i> :	89
2.7- <i>luciobarbus chelifensis</i> :	90
2.8- <i>luciobarbus lanigarensis</i> :	91
2.9- <i>Gambusia affinis</i> :	92
2.10- <i>Micropterus salmoides</i> :	93
2.11- <i>Alburnus alburnus</i> :	94
2.12- <i>Abramis brama</i> :	95
2.13- <i>Anguilla anguilla</i> :	96
3- Étude morphométrique.....	97
- Analyse en composantes principales (ACP)	100
4- Étude de la diversité.....	106
- L'index de Shannon et Weaver	106
5- Étude de croissance	109
5.1- Sex Ratio	109
5.2- Croissance relative (Relation longueur totale – poids)	113
5.3- Le facteur de condition	114
Conclusion générale.....	118
Références bibliographiques	120

Introduction

Générale

L'Algérie est considérée comme l'un des pays méditerranéens les plus originaux en raison de sa diversité géologique, climatique et écologique. Cependant, l'utilisation durable, le développement et la conservation des ressources zoogénétiques algériennes sont cruciaux pour l'agriculture, la production alimentaire, le développement rural et l'environnement.

Les études de la faune ichthyologique dans les eaux continentales de l'Algérie sont moins avancées que les études consacrées aux poissons d'eau salée. La recherche s'est principalement concentrée sur la taxonomie et la distribution spatiale; la première monographie sur l'ichtyofaune des cours d'eaux continentales de l'Afrique du Nord (Pellegrin 1921) est restée pendant longtemps une référence ichthyologique de base et ce n'est qu'à partir des années 1960 que les recherches ont été reprises, notamment avec des travaux sur les barbeaux (Almaça, 1978); (Berrebi, 1981); (Berrebi, 1996); (Doadrio, 1990); (Doadrio, 1994); (Doadrio *et al.*, 1998); (Brahimi *et al.*, 2018).

En Algérie, les poissons d'eau douce sont géographiquement répandus, couvrant les parties nord, centre et sud du pays. Les événements probabilistes tels que les changements climatiques et géologiques sont des déterminants majeurs de la répartition actuelle de la faune, en particulier des poissons d'eau douce. (Lévêque and Paugy 2006). En fait, certaines espèces ont eu l'occasion de coloniser d'autres habitats grâce à des connexions anciennes entre les bassins versants (Sydenham, 1977); (Bianco, 1990). Dans le cas contraire, l'isolement géographique de certains systèmes aquatiques a conduit à l'extinction d'espèces (Stiassny and Raminosa 1994) ou a permis la différenciation des lignées génétiques par un effet fondateur, l'absence de flux de gènes ou la dérive génétique (Mayr 1963); (Harrison, 1993); (Kirkpatrick and Barton, 1997).

L'eau en Algérie est un problème alarmant et permanent, mais c'est aussi une ressource rare, mal utilisée et mal gérée. (Bouziani, 2006). Les eaux douces Algériennes font l'objet de plusieurs études depuis le 19e siècle, nous citerons ceux de (Blanchard, 1891); (Gurney 1909); (Gauthier, 1928); (Zouakh 1995); (Lounaci *et al.*, 2000); (Mebarki, 2001).

Avant 1992, l'Algérie disposait de 12 barrages ; par contre, en 2013, selon l'Agence National des Barrages et Transferts a exploité 68 barrages. Les barrages ont pour principaux rôles : l'irrigation, la production d'énergie électrique, l'alimentation en eau potable ne sont pas seulement considérées comme source d'apport d'eau, mais aussi comme un véritable biotope pour de nombreux êtres vivants aquatiques, parmi lesquels les poissons. Ceux-ci

jouent un rôle très important dans le bon fonctionnement et l'équilibre de l'écosystème, par un entretien permanent (nettoyage) du barrage.

L'objectif de notre étude :

- Une étude biométrique des Barbeaux afin d'essayer de comprendre et de justifier les différences encore mal définie entre les espèces.
- Comparer les populations de la même espèce dans différents systèmes d'eau douce (rivière vs barrage)
- Analyse de la diversité génétique (H) de deux espèces nouvellement décrites (2017 et 2018)
- Faire un état des lieux concernant les poissons d'eau douce dans l'Ouest Algérien.

Chapitre I :

Anatomie

d'un poisson

Introduction

La notion de poisson a acquis une signification univoque de nos jours, désignant des animaux vertébrés qui possèdent des nageoires, respirent grâce à des branchies et qui ont un mode de vie étroitement liée à l'environnement aquatique (Muus & Dahlstrom, 1988).

Les poissons représentent le plus ancien et le plus grand groupe de vertébrés, existant depuis 450 millions d'années. Jusqu'à présent, leur diversité ne cesse de s'accroître. Ils ont su s'adapter à tous les changements environnementaux. Toutefois, chaque espèce possède ses propres exigences et limites, ce qui ne permet pas à tous les poissons de survivre dans toutes les conditions. Certaines espèces peuvent s'adapter et coloniser de vastes zones, tandis que d'autres sont confinées à des espaces restreints et disparaissent peu à peu (Morsi, 2016).

1- Morphologie du poisson

En général, les poissons ont un corps fusiforme, ce qui leur permet d'opposer une résistance minimale à l'eau lorsqu'ils se déplacent vers l'avant. La plupart des poissons primitifs étaient déjà fusiformes. Selon leur biotope et leur mode de vie, les poissons présentent aujourd'hui de nombreuses différences par rapport à cette forme primitive. Les brochets, par exemple, qui doivent se montrer extrêmement rapides à la chasse sur de courtes distances, ont un tronc fuselé. À l'inverse, les poissons vivants près du fond ont un corps aplati qui leur permet de se plaquer contre le sol pour se protéger de leurs ennemis et se camoufler lorsqu'ils chassent. Les anguilles ont un corps serpentiforme de section presque ronde. Grâce à leurs muscles longs particulièrement bien formés, elles peuvent nager vers l'avant, lentement certes, mais avec endurance. Ainsi, la forme du corps des poissons est adaptée à leur environnement et à leur mode de vie (**Fig. 1**). Dans la nage vers l'avant, les mouvements du corps s'amorcent dans le premier tiers du tronc et se succèdent par ondulations jusqu'à la nageoire caudale. Chez beaucoup d'espèces, ils s'enchaînent avec une telle aisance que la nouvelle vague ondulatoire débute avant même que la précédente ait atteint l'extrémité du corps. Ce phénomène s'observe de façon spectaculaire chez l'anguille. La nage, qui semble s'effectuer presque en apesanteur, est encore facilitée par la vessie natatoire, gonflée d'air. Celle-ci permet au corps de maintenir un équilibre tel qu'il se déplace dans l'eau presque sans propulsion. Toute la force musculaire peut être convertie en un mouvement vers l'avant. Mais il est des poissons dénués de vessie natatoire : celle-ci est totalement absente en effet chez beaucoup d'espèces vivant près du fond ou elle s'atrophie à mesure de la croissance.

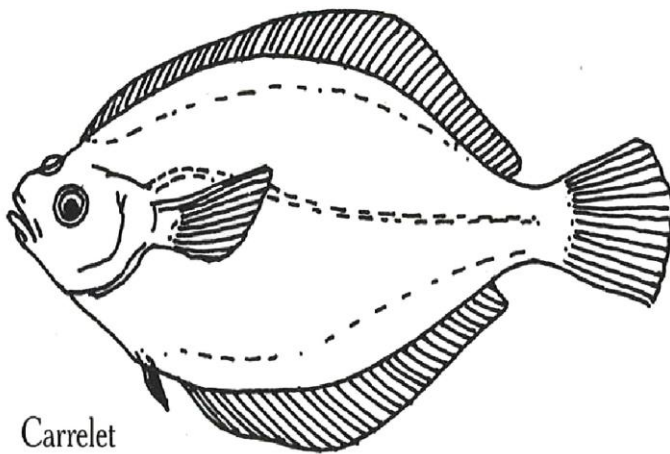
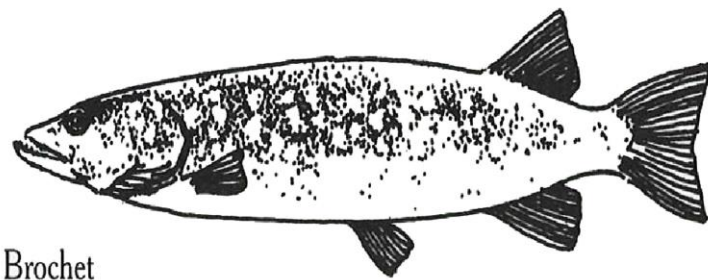
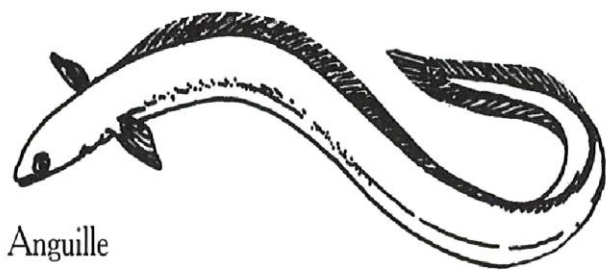


Figure 1 : Formes des poissons
(Militz & Sigl, 1998).

2- Squelette et vertèbres

Avec la disparition des scorpions d'eau, la cuirasse des poissons primitifs est devenue superflue. Il est probable que se sont développés alors des poissons au squelette plus léger et plus mobile. L'étape suivante a été marquée par le développement des mâchoires et des dents, respectivement nécessaires pour capturer et déchiqeter les proies de grande taille. Mais ces poissons possédaient encore un exosquelette : il s'agissait des placodermes, appelés aussi poissons cuirassés. Les ostracodermes et les placodermes ont longtemps cohabité, mais seuls ces derniers ont survécu. On suppose que les poissons osseux (ou ostéichtyens), à endosquelette, sont des descendants des poissons cuirassés. Parmi les contemporains des poissons cuirassés figuraient aussi les requins épineux, ancêtres des actuels requins. Ils existaient déjà au dévonien ; au mésozoïque sont venus s'y ajouter les raies et les chats de mer. Poissons cartilagineux, ils ne possèdent pas d'exosquelette : c'est un endosquelette cartilagineux qui forme la charpente de leur corps.

Les premiers poissons à avoir présenté une colonne vertébrale ossifiée, c'est-à-dire à s'être le plus approchés des vrais poissons osseux, sont les actinoptérygiens, qui descendent aussi des poissons cuirassés (**Fig. 2**). La majorité des poissons marins et d'eau douce sont de nos jours d'authentiques poissons osseux : on en compte plus de 20 000 espèces. Seuls les esturgeons et quelques autres groupes sont des actinoptérygiens restés en leur état primitif. Avec les dipneustes, les ancêtres des poissons se sont répandus dans les eaux douces et leurs descendants, les Amphibiens, ont gagné la terre ferme. Ancêtres des vertébrés terrestres, ces poissons de mer ont dû moduler la composition des liquides de leur organisme et développer des mécanismes leur permettant de supporter les modifications de concentration des sels. Il est ainsi intéressant d'observer qu'une très forte proportion de poissons actuels sont originaires non pas de la mer comme on pourrait le supposer, mais des eaux douces (Carrete Vega & Wiens, 2012). Les poissons de mer ont donc été supplantés par des poissons d'eau douce. La preuve en est que la plupart des poissons possèdent une vessie natatoire, qui constitue la première forme de poumon et n'a été développée qu'au moment où l'eau a commencé à envahir la terre ferme. Autre preuve de la reconquête des mers par les poissons d'eau douce : presque tous les poissons existant aujourd'hui présentent dans les cellules de leur corps une concentration en sel équivalente à celle de l'eau douce (Paugy *et al.*, 2015).

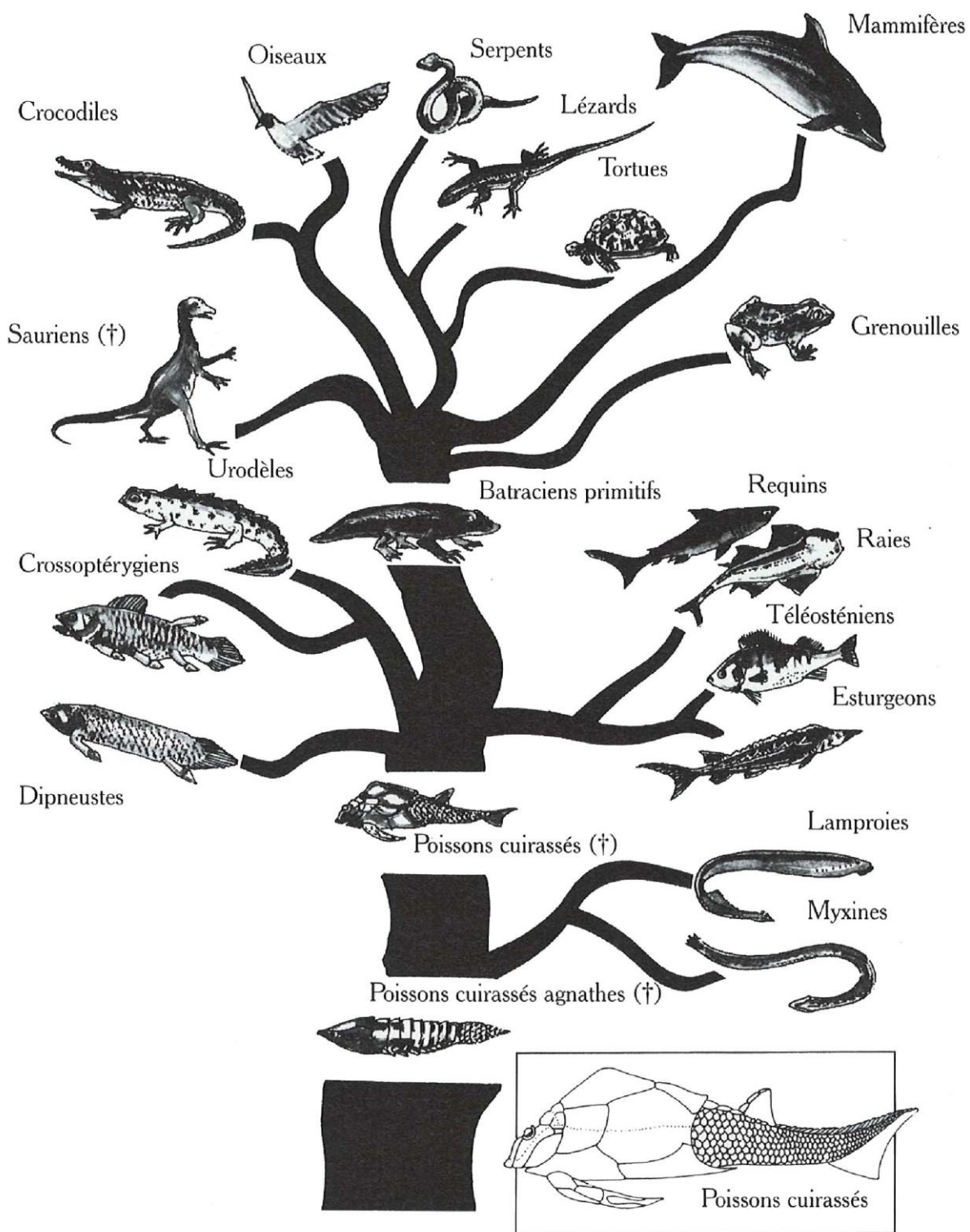


Figure 2 : Arbre généalogique des vertébrés (Militz & Sigl, 1998).

- Fixation du squelette

Comme tous les animaux vertébrés, les poissons osseux disposent d'un système squelettique qui confère leur morphologie corporelle et les soutient (**Fig. 3**). Leur squelette est principalement constitué d'une substance osseuse particulière aux animaux vertébrés, composée de cellules ramifiées creuses et d'une substance intercellulaire solide qui acquiert sa solidité grâce à l'accumulation de minéraux.

La constitution des différents os correspond à des besoins spécifiques. Les os contiennent aussi de la moelle osseuse, absente du cartilage. Au fil du développement d'un vertébré, les cartilages présents à l'origine sont remplacés par les os : chez quelques poissons osseux, il existe des endroits où l'ossification ne se produit pas. Chez le requin, en revanche, la structure cartilagineuse demeure. Les os peuvent aussi être formés directement à partir d'une couche tissulaire. C'est le cas pour l'ossification des parties dorsale et cutanée, d'où les noms d'os dorsaux et d'os cutanés. Ceux-ci sont issus des plaques osseuses des poissons primitifs, les ostracodermes. Le squelette des poissons osseux actuels se subdivise en squelette axial, squelette crânien et squelette des membres. La base du squelette axial, dont la composante principale est la colonne vertébrale, forme la chorde dorsale. C'est à partir et autour de celle-ci que se développe la colonne vertébrale.

Chez les vertébrés adultes, y compris les poissons osseux, la chorde a quasiment disparu et a été remplacée par une véritable colonne vertébrale (**Fig. 4**). Cette colonne est formée d'un nombre variable de vertèbres qui sont connectées les unes aux autres. L'anguille, par exemple, peut en avoir jusqu'à deux cents. Les vertèbres ont une ouverture au-dessus de leur centre pour laisser passer la moelle épinière, le système nerveux central. Les vertèbres ont également des appendices épineux doubles sur leur face ventrale, auxquels les côtes sont attachées. Le squelette crânien est constitué de plusieurs parties osseuses. Les nageoires font partie du squelette des membres. Les nageoires impaires sont directement reliées à la colonne vertébrale, qui les soutient. En revanche, les nageoires paires (pelviennes et pectorales) ont leur propre structure osseuse de soutien, ancrée dans les muscles du tronc, et ne sont pas directement liées au squelette central.

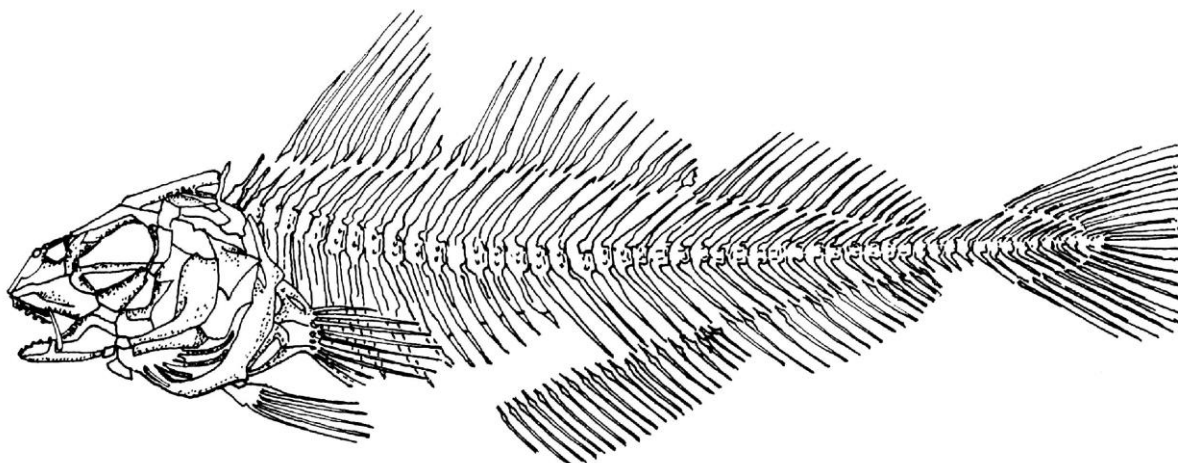
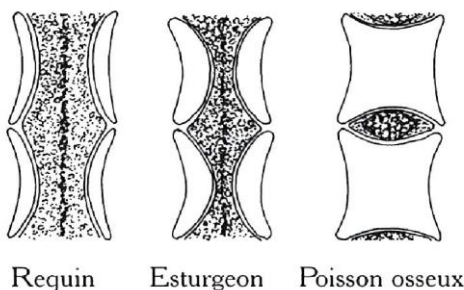
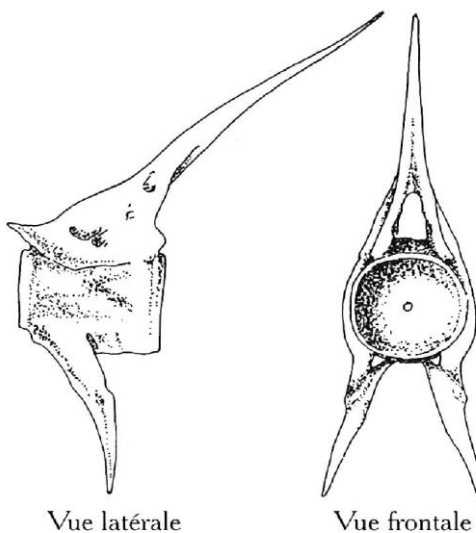


Figure 3 : Squelette d'un poisson osseux
(Militz & Sigl, 1998)



Requin Esturgeon Poisson osseux

*Atrophie de la chorde, à l'exception
d'un résidu étranglé
(selon Reichenbach-Klinke).*



Vue latérale Vue frontale

*Vertèbres pléonasure
d'une perche.*

Figure 4 : Atrophie de la chorde
(Militz & Sigl, 1998).

3- La locomotion

Les nageoires des poissons leur servent à se diriger, à se propulser et à freiner (**Fig.5**). En ichtyologie, la partie de la zoologie traitant des poissons, la disposition des nageoires sur le corps du poisson est considérée comme une caractéristique distinctive fondamentale.

Chaque espèce possède un nombre et une structure de nageoires spécifiques. Les nageoires sont constituées de plis cutanés consolidés par des rayons rigides ou mous. Les rayons non ramifiés, également appelés rayons épineux, se trouvent notamment dans la première nageoire dorsale de la perche. Les rayons ramifiés, appelés rayons fourchus, se divisent souvent en plusieurs éléments jusqu'à la bordure de la nageoire. Les nageoires peuvent comporter des rayons épineux, fourchus ou les deux. Chaque espèce possède un nombre de rayons spécifique. Les nageoires du tronc sont mobiles et des groupes de muscles à leur base permettent au poisson de les replier, de les déployer, de les utiliser pour se diriger et effectuer d'autres mouvements. Les nageoires peuvent être paires ou impaires. Les nageoires dorsales, caudale et anale sont impaires, tandis que les nageoires pelviennes et pectorales sont paires. Les positions des nageoires paires peuvent varier considérablement selon les espèces. C'est notamment le cas des nageoires pelviennes qui peuvent être situées devant l'anus (position abdominale) ou très éloignées de celui-ci (position thoracique ou jugulaire) si elles sont rabattues vers l'arrière (**Fig. 6**).

De multiples espèces, telles que l'anguille, ne possèdent pas de nageoires pelviennes. Toutefois, l'anguille est un exemple éloquent de la diversité des formes de nageoires : chez elle, les nageoires dorsale, caudale et anale sont fusionnées en une bordure natatoire circulaire, qui facilite les ondulations lors de la nage. Seules les deux nageoires pectorales s'étendent latéralement. La forme de la nageoire caudale peut également varier. Chez les poissons-nageurs rapides et endurants, elle ressemble à une faucille, comme chez le voilier de l'Indopacifique (*Istiophorus platypterus*), le poisson marin le plus rapide (110-120 km/h). Chez le brochet, un prédateur massif qui doit produire rapidement une pression hydrostatique élevée pour se déplacer, la nageoire caudale est large et tronquée. La nageoire adipeuse est une caractéristique distinctive ; elle se trouve sur la partie supérieure du corps des salmonidés, entre les nageoires dorsale et caudale, mais elle est également présente chez d'autres poissons d'eau douce (silures, characinoïdes).

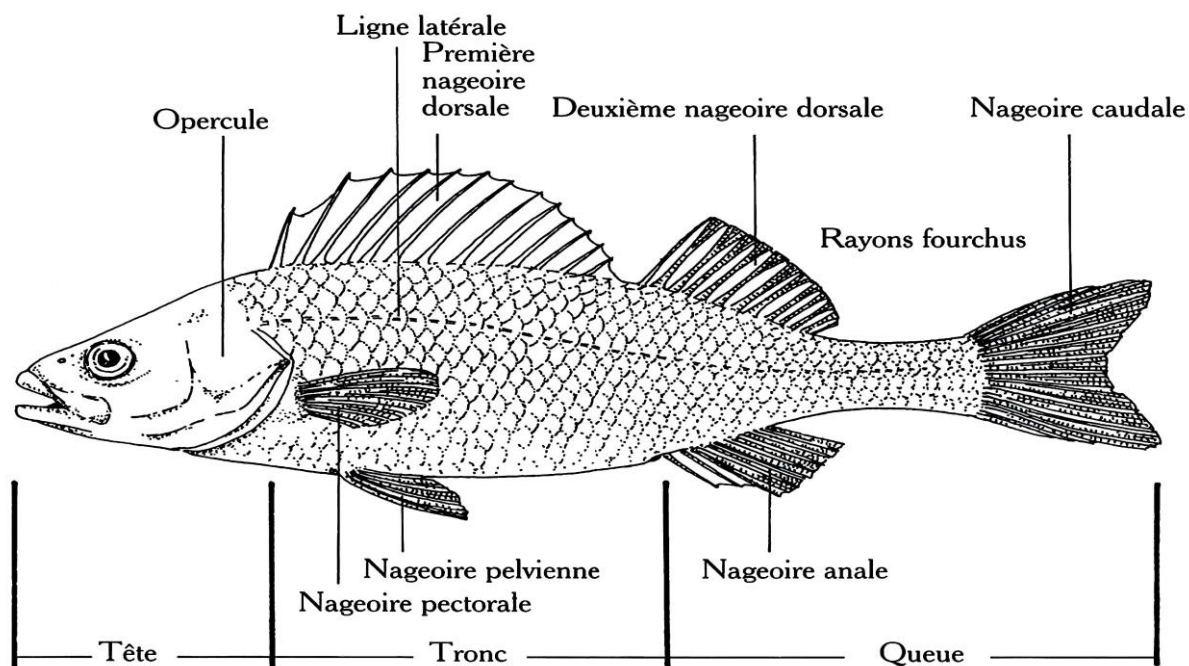


Figure 5 : Disposition des nageoires chez la perche de rivière (Militz & Sigl, 1998).

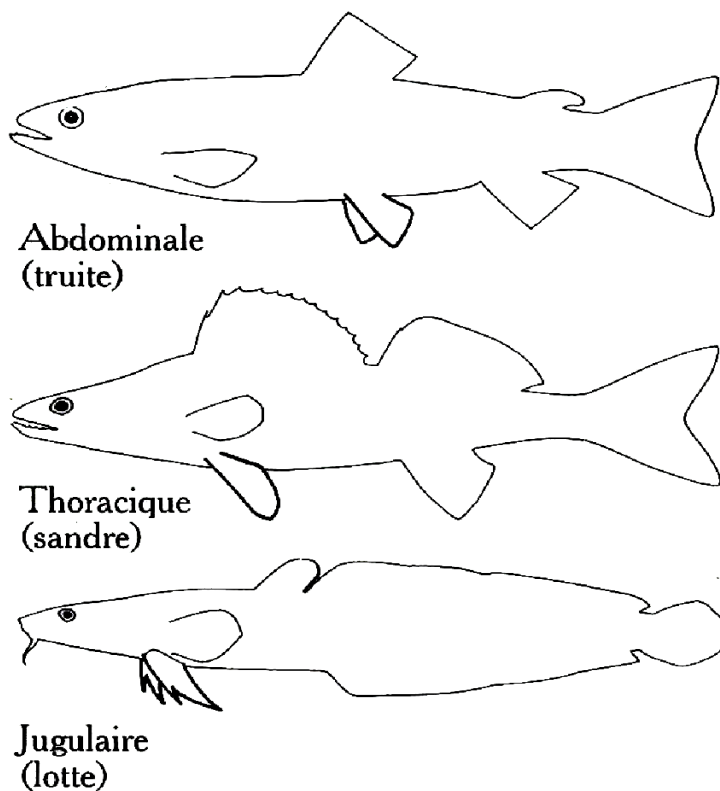


Figure 6 : Position des nageoires pelviennes (Militz & Sigl, 1998).

- Deux cordons musculaires pour la locomotion

Les muscles occupent la majeure partie de l'anatomie du poisson. La musculature du tronc latéral est essentielle pour la locomotion, c'est pourquoi elle est la plus sollicitée et la plus développée. Elle s'étend de l'occiput à la racine de la nageoire caudale et forme deux cordons distincts de part et d'autre de la colonne vertébrale. Les muscles sont composés de nombreux segments disposés les uns derrière les autres, s'entrelaçant comme des disques de formes variées. La musculature des nageoires émerge de la musculature du tronc et est constituée de deux muscles principaux qui régissent le déploiement et le repliement des nageoires.

4- Mâchoires et dents

La position des mâchoires peut être terminale, infère ou supère. Chez les poissons à bouche terminale (comme la truite), les mâchoires supérieure et inférieure présentent une longueur identique. Chez les poissons à bouche supère (comme le brochet), la mâchoire inférieure fait saillie, et chez les poissons qui ont une bouche infère (comme le barbeau), elle est plus courte que la mâchoire supérieure. (**Fig.7**)

De nombreux poissons à squelette osseux possèdent des dents dans leurs mâchoires. Chez certaines espèces, telles que le silure, les dents sont si proches les unes des autres qu'elles ressemblent à une brosse (appelées « dents en brosse »). D'autres espèces ont des dents individuelles très marquées, comme les « dents de chien » chez le sandre et les grands crocs du brochet (**Fig. 7**) (**Fig. 8**). Les prédateurs ont des mâchoires plus grandes et plus armées de dents. En revanche, les poissons pacifiques ont des bouches protractiles qui ressemblent à un aspirateur et qui leur permettent de racler la nourriture sur le sol ou de brouter les végétaux. Les carpes, les orvets, les gardons et autres cyprinidés ont des mâchoires sans dents à proprement parler, mais possèdent des dents pharyngiennes à l'extrémité de leur cavité buccale (**Fig. 9**) (**Fig. 10**). Ces dents leur permettent de broyer la nourriture et sont situées sur l'os pharyngien, qui a été transformé en appareil masticatoire et ne porte plus de branchies. Les dents pharyngiennes, qui peuvent être acérées ou émoussées selon l'espèce, sont disposées en une à trois rangées sur l'os pharyngien inférieur et se renouvellent plusieurs fois au cours de la vie du poisson. La « formule des dents pharyngiennes » permet de distinguer certaines espèces de poissons en fonction du nombre et de la disposition de leurs dents pharyngiennes. Par exemple, la carpe a une formule de 1.1.3-1, le vairon de 2.5-4.2 et le gardon de 6-5 (**Fig.11**).

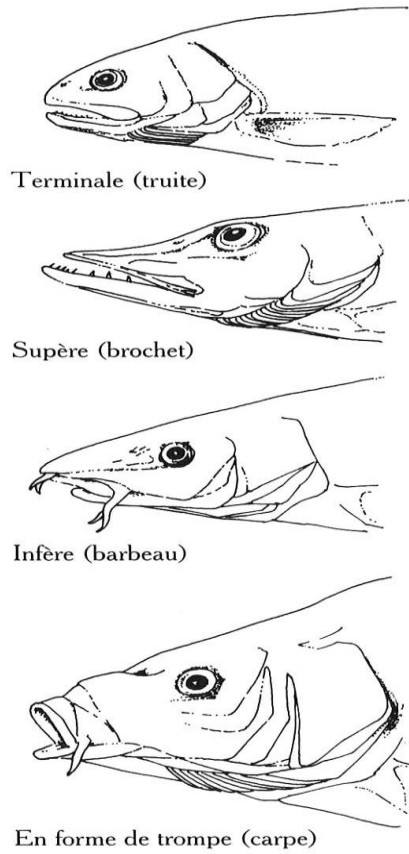


Figure 7 : Position de la bouche
(Militz & Sigl, 1998).

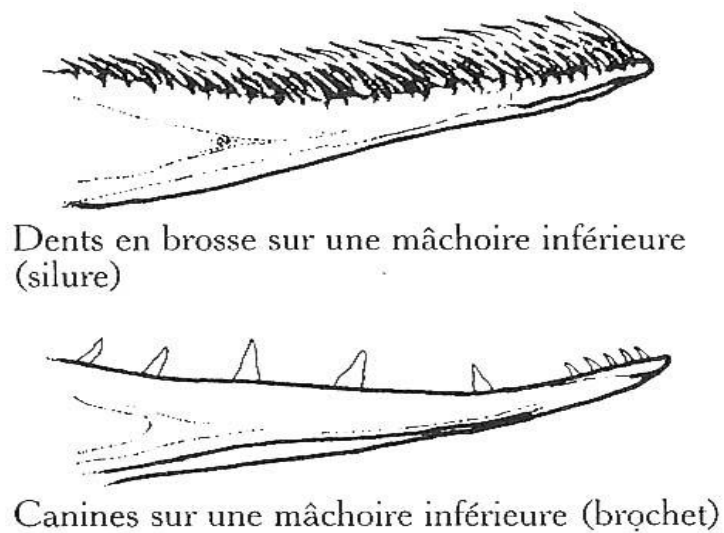


Figure 8 : Mâchoires des poissons osseux
(Militz & Sigl, 1998)



Figure 9 : Mâchoire d'un Black-bass (*Micropterus salmonidés*), pêché dans le barrage de Boughrara
(Benali *et al.*, 2021)

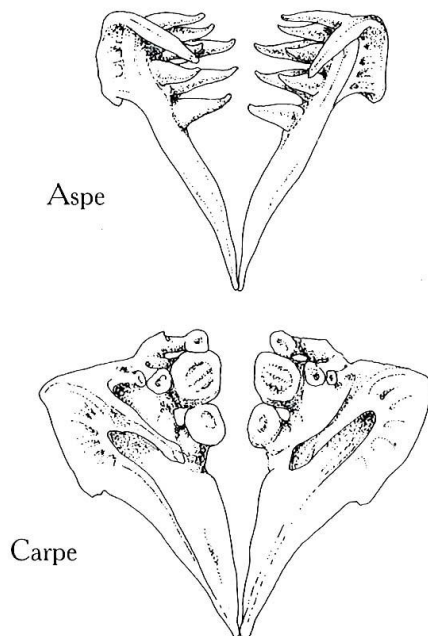


Figure 10 : Os pharyngiens chez les cyprinidés
(Militz & Sigl, 1998)



Figure 11 : Des dents pharyngiennes d'une carpe (*Cyprinus caprio*), pêchée dans le barrage de Boughrara
(Benali *et al.*, 2021)

5- Respiration et circulation

Seules de rares espèces de poissons trouvent leur oxygène dans l'air atmosphérique par exemple les dipneustes et les loches d'étang. Ces dernières peuvent couvrir une partie de leurs besoins en oxygène en respirant par l'intestin ou la peau. La respiration par l'intestin procède par « avalement d'air » à la surface de l'eau. De nombreux poissons l'utilisent en cas de dyspnée : de l'air s'accumule dans les poches de l'intestin et pénètre dans le sang pour l'alimenter en oxygène. D'autres espèces possèdent dans leur tête des organes spécifiques, conçus pour recevoir de l'oxygène provenant de l'air. Mais, en règle générale, les poissons respirent par les branchies. À l'origine, celles-ci servaient à filtrer la nourriture. Ce n'est que chez les vertébrés qu'elles sont devenues des organes respiratoires. L'oxygène pénètre dans l'eau par dissolution ou est produit par des végétaux aquatiques lors du phénomène de photosynthèse. Les eaux froides et très agitées, comme celles des torrents de montagne, contiennent plus d'oxygène dissous que les eaux plus chaudes et immobiles, ou à débit lent. Les poissons meurent souvent l'été dans les eaux très exposées au soleil, car l'oxygène dissous dans l'eau ne couvre plus leurs besoins. Le manque d'oxygène s'accroît aussi lorsque de grandes quantités de résidus organiques se décomposent dans l'eau, la gigantesque prolifération des bactéries ainsi provoquée entraînant une consommation supplémentaire d'oxygène. Une glaciation prolongée des eaux peut également s'avérer mortelle pour les poissons, car celles-ci ne contiennent alors plus d'oxygène atmosphérique. Les poissons aux besoins en oxygène élevés vivent donc presque exclusivement dans des eaux froides et riches en oxygène. Moins sensible que les espèces indigènes, la truite arc-en-ciel, originaire d'Amérique est une exception à cette règle. Les espèces « plus paisibles » ont des besoins en oxygène moindres et vivent essentiellement dans les eaux stagnantes ou à débit lent.

Les poissons trouvent leur oxygène directement dans l'eau au moyen de leurs branchies. Encore faut-il que l'eau parvienne aux branchies en quantité suffisante. Cette fonction est assurée par la cavité buccale ainsi que par les opercules, situés de chaque côté de la tête et ouverts vers l'arrière. Alors que ses opercules sont fermés, le poisson ouvre la bouche et aspire de l'eau sous l'effet de la dépression ainsi provoquée. La chute de pression maintient les opercules, dont les bords sont souples, plaqués sur les côtés, de sorte qu'ils assurent l'étanchéité, comme un couvercle de soupape. Puis le poisson ferme la bouche. Les opercules, mobiles, cèdent et s'ouvrent sous la pression de l'eau : celle-ci s'écoule alors le long des opercules vers l'extérieur.

En fonction de l'espèce, les poissons osseux portent quatre à six arcs branchiaux de chaque côté de leur tête, sur lesquels se trouvent des fentes branchiales (**Fig. 12**) (**Fig. 13**). Les lamelles branchiales sont couvertes d'une peau perméable aux gaz, sous laquelle circule le sang veineux pauvre en oxygène, provenant du cœur. L'oxygène est prélevé dans l'eau par échange gazeux et transporté dans le sang. Le sang enrichi en oxygène provenant des branchies s'accumule dans une grande artère et alimente les muscles et les organes du poisson.

Le sang des poissons n'est pas vraiment distinct de celui des autres vertébrés. Il est composé de plasma, de globules rouges (hématies), de globules blancs (leucocytes) et de plaquettes (thrombocytes). Les globules sanguins des poissons sont produits dans la zone antérieure du rein et dans la rate, qui absorbe les cellules sanguines vieilles et les remplace par de nouvelles cellules. Les vaisseaux sanguins des poissons fonctionnent en circuit fermé. Le sang circule à l'intérieur de vaisseaux sanguins (veines), interconnectés avec les organes (**Fig. 14**). Contrairement aux animaux vertébrés plus évolués, leur cœur, centre du système circulatoire, est de constitution simple, avec une seule chambre principale, le ventricule, et une chambre plus petite : le bulbe. Il ne transporte que du sang veineux, pauvre en oxygène, qui reflue du corps pour être enrichi en oxygène et est immédiatement envoyé vers les branchies.

Les poissons sont des êtres à sang froid (dont la température corporelle est similaire à celle de leur environnement aquatique). Le cœur bat en moyenne de 20 à 30 fois par minute, mais son rythme est influencé par la température ambiante. Par exemple, durant l'hiver, la fréquence cardiaque des carpes en période de repos peut diminuer jusqu'à 1 ou 2 battements par minute.

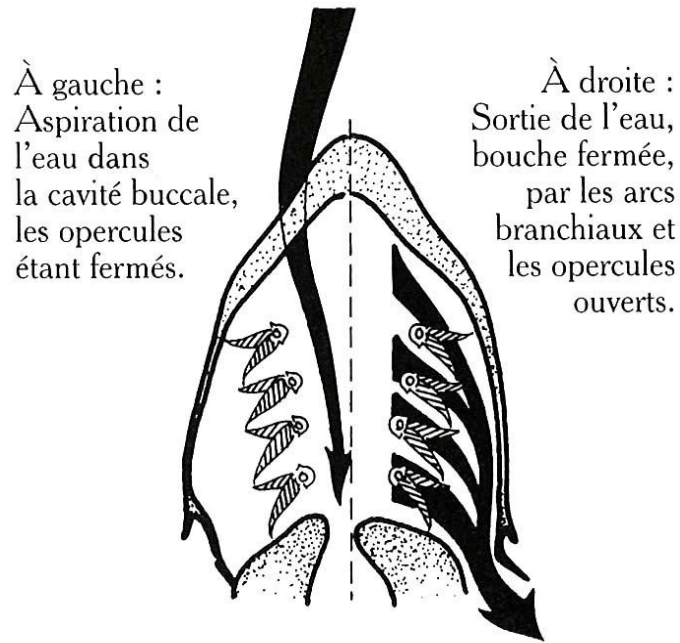


Figure 12 : Activité branchiale d'un poisson osseux
(Militz & Sigl, 1998)

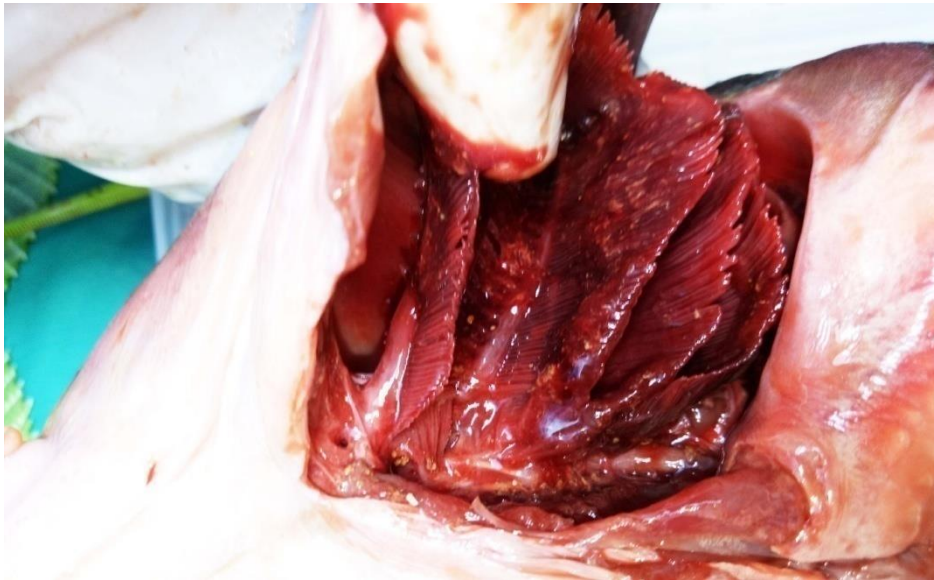


Figure 13 : Arcs branchiaux d'une carpe (*Cyprinus carpio*), pêchée dans le barrage de
Bouhanifia
(Benali *et al.*, 2021).

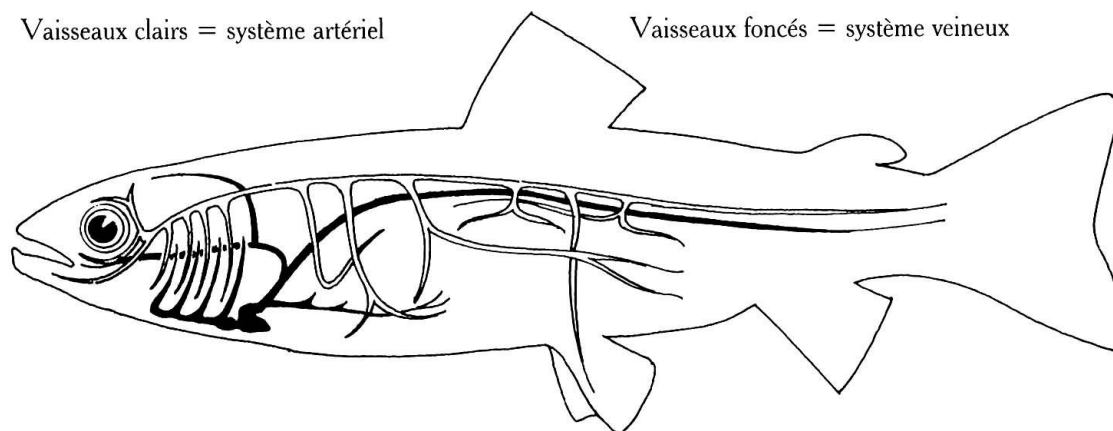


Figure 14 : Schéma de l'appareil circulatoire d'un poisson osseux
(Militz & Sigl, 1998).

6- Les organes du poisson

L'appareil digestif des poissons commence en général par la bouche et se termine par le rectum. La cavité buccale, le pharynx et l'estomac forment la partie antérieure de l'intestin, à laquelle sont reliés l'extrémité du canal cholédoque et le rectum.

Ce sont particulièrement les carnassiers qui ont un gros estomac qui leur permet de digérer de grosses proies. C'est indispensable, car nos carnassiers locaux doivent complètement avaler leur proie. En effet leurs dents ne leur servent qu'à les agripper, leurs mâchoires étant trop faibles pour les réduire (Muus and Dahlstrom, 1991).

Par contre les poissons de la famille des cyprinidés (carpes, gardons, brèmes. etc.) ne possèdent pas d'estomac, mais un long intestin. Ils réduisent grossièrement leur nourriture avec leurs dents pharyngiennes situées dans la gorge. L'intestin d'un poisson est un long tuyau, dans lequel la nourriture se décompose et par où les éléments nutritifs entrent dans le sang. Chez la plupart des autres poissons osseux, celui-ci est en forme de U. À l'endroit de la courbure de l'U. Il se forme chez de nombreuses espèces un cul-de-sac qui permet de pomper de l'air. La digestion proprement dite est effectuée par l'intestin : de la pepsine, qui hydrolyse les protéines, est mélangée au bol alimentaire par l'intermédiaire des glandes gastriques. La surface de cette partie de l'intestin est considérablement agrandie par des poches et des replis

profonds, appelés replis pyloriques, dont le nombre peut atteindre deux cents chez le saumon du Danube. Dans l'intestin sont produits notamment les enzymes nécessaires à la digestion, dont la trypsine et les amylases. Tous les petits carnassiers se servent des enzymes produits par leurs proies pour leur digestion. Ainsi la carpe ne produit pas elle-même de lipases, mais elle les prélève dans les organismes nutritifs. Des enzymes digestifs sont produits également dans le foie. Chez les poissons osseux, sa taille varie selon les espèces. Parmi les poissons d'eau douce, c'est chez la lotte que l'on trouve le foie le plus gros ; contrairement à tous les autres poissons osseux, elle est dépourvue de vésicule biliaire. Le foie, enfoui entre les anses intestinales, fournit aussi des informations sur l'état de santé : chez un poisson sain, par exemple, il est d'une coloration brun-rouge uniforme et présente une surface lisse, alors que les décolorations et les taches sont des signes de maladie.

Le gros intestin du poisson est la partie la plus courte de l'appareil digestif, Il ne possède qu'une fonction collectrice avant l'excrétion. Le gros intestin de la loche d'étang, un poisson benthique de la famille des cobitidés, présente une propriété très particulière : grâce à un nombre très élevé de vaisseaux sanguins, son rectum est capable d'injecter, à partir de l'air aspiré, de l'oxygène dans l'appareil circulatoire. Il s'agit ici d'un cas unique de respiration par l'intestin chez les poissons osseux ; le poisson utilise cette fonction lorsqu'il ne trouve plus suffisamment d'oxygène dans l'eau, Il monte alors à la surface et avale de l'air. Chez la plupart des poissons osseux, l'anus, orifice du rectum, est séparé de l'ouverture sexuelle, qui est située juste derrière, on ne trouve de cloaque-orifice commun aux voies génitales et à l'intestin et par lequel s'effectue l'évacuation des excréments que chez les dipneustes et les poissons cartilagineux.

De multiples espèces de poissons se nourrissent principalement de micro-organismes aquatiques et ont développé une méthode spécifique leur permettant de récolter une grande quantité de plancton. Ceci est possible grâce aux branchiospines qui, chez certains poissons, sont localisées sur les arcs branchiaux des branchies. Les branchiospines peuvent former une sorte de "piège" afin de filtrer le plancton (**Fig. 15**) (**Fig. 16**). Certaines espèces de la famille des murénidés, de même que l'alose finte et la grande alose, de la famille des clupéidés, sont des experts en plancton et leurs branchiospines forment de véritables grilles filtrantes.



Figure 15 : Arcs branchiaux d'une carpe (*Cyprinus carpio*), pêchée dans le barrage de Bouhanifia (Benali *et al.*, 2021).

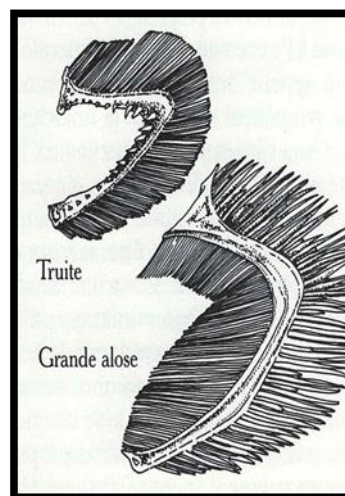


Figure 16 : Arcs branchiaux portant les branchiospines (Militz & Sigl, 1998).

6.1- La vessie natatoire

La majorité des poissons sont dotés d'une vessie natatoire, qui est une excroissance en forme de sac qui a évolué à partir d'un poumon primitif sur des millions d'années. Cette structure hydrostatique permet au poisson de flotter et se trouve toujours au-dessus de l'intestin. Chez les cyprinidés, elle est souvent divisée en deux parties par un rétrécissement (**Fig. 17**) (**Fig. 18**) (**Fig. 19**). Certains poissons, tels que les saumons, les brochets et les carpes, ont une vessie natatoire qui reste connectée à l'appareil digestif via un canal pneumatique. D'autres espèces, comme la perche, possèdent une vessie natatoire fermée qui n'est pas reliée à l'intestin (**Fig. 20**). Chez ces poissons, le canal pneumatique, présent chez les larves, disparaît une fois que les alevins ont rempli leur vessie natatoire d'air pour la première fois. D'autres espèces, comme le streber, le chabot, le flet, le maquereau et la plupart des poissons benthiques, perdent leur vessie natatoire à la fin de leur stade larvaire. Pour compenser les changements de profondeur, la vessie natatoire modifie son volume de gaz. Grâce à la glande gazeuse et aux vaisseaux sanguins fins situés dans sa paroi, du gaz peut être injecté dans le système circulatoire, ce qui permet d'augmenter le volume de la vessie natatoire.

De cette manière, une anguille détient environ 100 000 vaisseaux artériels et 90 000 vaisseaux veineux dans la paroi de sa vessie natatoire, couvrant une surface de plus d'un mètre carré (Scheid *et al.*, 1990). Cependant, chez les poissons qui possèdent un conduit respiratoire qui se connecte à l'intestin, la taille de la vessie natatoire doit être réduite pour accommoder le volume d'air supplémentaire qui peut s'échapper par les vaisseaux. Si la vessie natatoire est fermée, aucun gaz ne peut s'échapper, ce qui nécessite une petite cavité avec un organe spécifique appelé l'ovale, capable de prélever du gaz dans la vessie natatoire pour le transférer dans l'appareil circulatoire. Les "corps rouges", des vaisseaux spécifiquement développés dans la paroi de la vessie natatoire, produisent le gaz nécessaire. Cette compensation de pression est également présente chez les poissons à vessie natatoire fermée. Aucun poisson ne peut supporter des changements de pression importants en peu de temps sans subir de dommages. Si un poisson est remonté rapidement des grandes profondeurs, à l'hameçon ou au filet, l'extrême dilatation de la vessie natatoire peut provoquer l'expulsion des viscères de la cavité buccale ou l'éclatement de la vessie natatoire. En ce qui concerne les poissons d'eau douce, ce risque est principalement présent chez la lotte et l'omble chevalier, deux espèces évoluant en grande profondeur. Pour un grand nombre d'espèces, la vessie natatoire agit également comme un organe de résonance pour le labyrinthe, le système auditif interne des poissons. La connexion peut être directe, avec des excroissances tubulaires fines reliant la vessie natatoire à la tête, comme chez les harengs, ou les vibrations acoustiques peuvent être transmises par une série d'osselets appelés "osselets de Weber". Ces derniers transmettent les résonances de la vessie natatoire au labyrinthe.

Cet « appareil de Weber » est spécialement développé chez les cyprinidés et les silures, ces derniers étant dotés d'une ouïe extrêmement fine. Les loches ont affiné leur réception des ondes sonores de manière différente : de petits canaux remplis d'endolymphe relient la vessie natatoire ossifiée à l'épiderme du poisson. Ainsi, même les variations de pression atmosphérique les plus infimes peuvent être perçues. En outre, la vessie natatoire offre d'autres possibilités : l'anguille, par exemple, y prélève de l'oxygène lorsqu'elle passe d'une eau douce à une eau salée. De nombreux poissons utilisent également cet organe pour émettre des sons, probablement en expulsant de l'air. On dit ainsi que les carpes et les loches « murmurent », que certaines espèces de perches et de silures « bourdonnent » et vont même jusqu'à « chanter » (Sørensen, 1895) ;(Ladich, 2000).

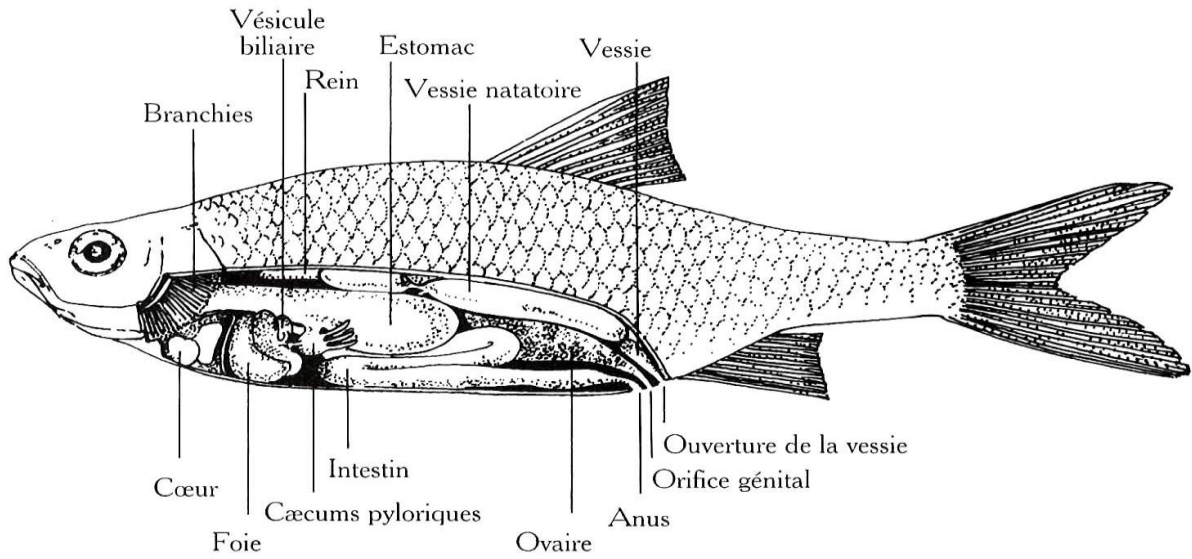


Figure 17 : Organes internes d'un poisson osseux
(Militz & Sigl, 1998).



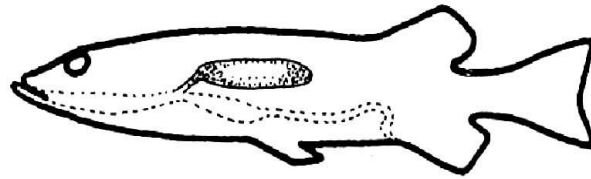
Figure 18 : Organes internes d'une carpe (*Cyprinus carpio*), pêchée dans le barrage de Bouhanifia



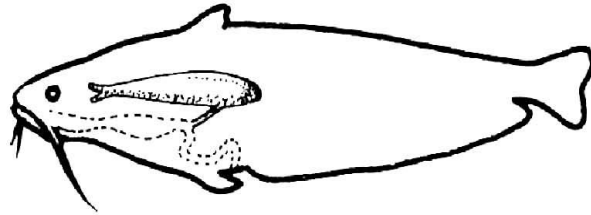
(Benali *et al.*, 2021).

Figure 19 : Vessie natatoire double d'une carpe (*Cyprinus carpio*), pêchée dans le barrage de Bouhanifia

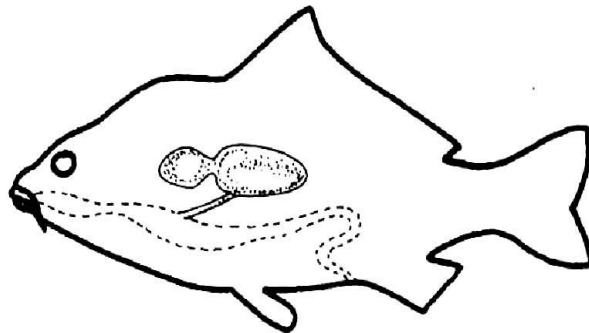
(Benali *et al.*, 2021).



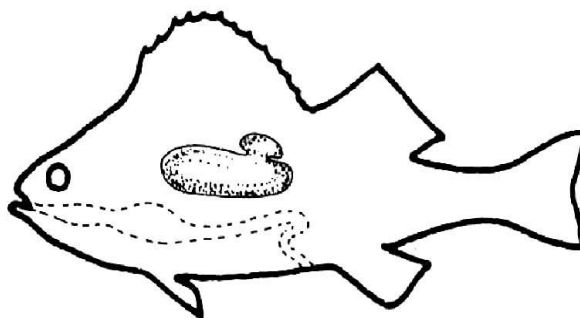
Vessie natatoire à une chambre comportant une liaison avec l'intestin (brochet)



Vessie natatoire simple comportant une liaison avec le labyrinthe et l'intestin (silure)



Vessie natatoire double comportant une liaison avec l'intestin (cyprinidés)



Vessie natatoire fermée (percidés)

Figure 20 : Les différentes formes de la vessie natatoire (Militz & Sigl, 1998).

6.2- Peau et écailles

Les poissons ont une peau composée de deux couches : l'épiderme, qui est la couche superficielle, et le derme, qui est la couche profonde. La couche épidermique produit une substance muqueuse qui réduit la friction dans l'eau et protège contre les parasites. Chez certaines espèces, elle peut se développer en écailles dures, comme les écailles placoides des requins. Les écailles sont implantées dans le derme, entre la couche superficielle et la couche profonde (**Fig. 21**). Cependant, certains poissons n'ont pas d'écailles.

Chez nos poissons d'eau douce, il existe deux types d'écailles principaux : la plupart des espèces ont des écailles cycloïdes, tandis que les perciformes (tels que les perches et les sandres) ont des écailles ctenoïdes qui ont de petites dents visibles à l'arrière et qui dépassent du derme, ce qui leur donne un aspect rugueux. Les écailles se développent en même temps que les poissons, ce qui permet de déterminer leur âge en comptant les anneaux des écailles (**Fig. 22**), tout comme on le fait avec les cercles des arbres. La formule d'écailleuse, qui varie selon les espèces, est déduite du nombre d'écailles sur une rangée longitudinale et une rangée transversale, et est utilisée pour déterminer scientifiquement les espèces. Cette formule fournit le nombre d'écailles dans le sens longitudinal de la ligne latérale, entre la ligne latérale et la naissance de la nageoire dorsale ou encore entre l'extrémité ventrale et la ligne latérale.

Chaque poisson possède une peau recouverte d'un grand nombre de chromatophores présentant une seule couleur, comme le noir, le jaune ou le rouge. La coloration des poissons est le résultat de l'interaction entre ces différents chromatophores. La modification de la coloration peut être causée par l'agrandissement ou le rétrécissement des cellules, les chromatophores étant régis par le système nerveux. Ces processus peuvent également être influencés par des variations d'intensité lumineuse. De nombreux poissons ont la capacité de s'adapter à leur environnement. Les requins et les raies peuvent imiter la couleur et les motifs du sol sur lequel ils se trouvent. La coloration peut également changer en fonction des conditions environnementales, telles que le manque d'oxygène, ou en réponse à des comportements tels que la défense, la menace ou la reproduction. (Chapman & Miles, 2018); (Lalita, *et al.*, 2022)

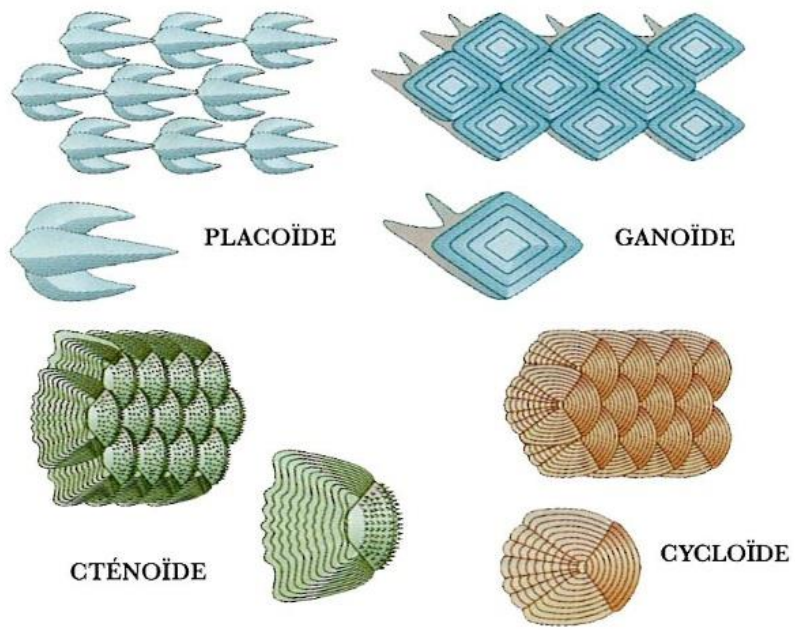


Figure 21 : Les différents types d'écailles

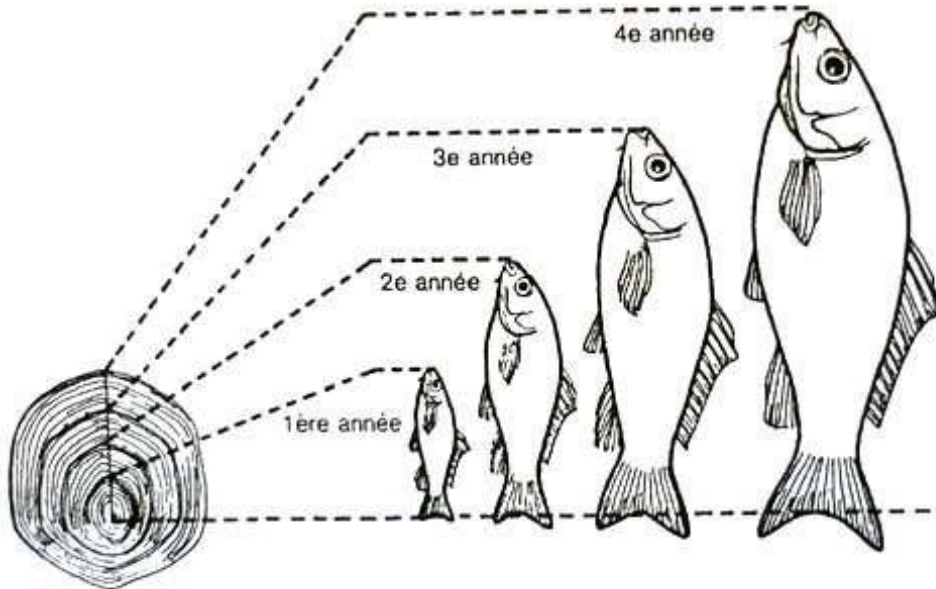


Figure 22 : Lecture d'âge du poisson à partir des écailles

6.3- Des organes sensoriels extrêmement développés

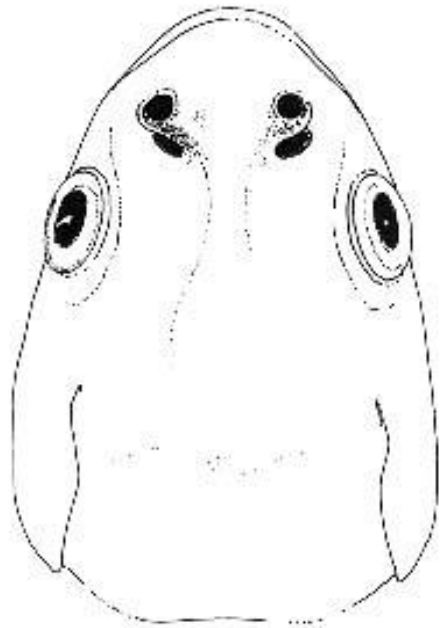
Les poissons ont la capacité de percevoir, détecter, ressentir, voir et distinguer les variations de pression de l'eau (**Fig. 23**). Un organe spécifique leur permet de déterminer leur position par rapport aux objets. Les poissons sont également capables de se repérer sur de longues distances dans leur habitat naturel et pour la reproduction. Selon leur mode de vie, leurs organes sensoriels se développent différemment et leur interaction permet un comportement adapté à chaque situation. Le sens du goût dépend des cellules sensorielles présentes non seulement dans la bouche, mais également dans la peau des nageoires et des barbillons. La carpe, par exemple, peut percevoir le salé, le sucré, l'acide et l'amer. Les poissons peuvent également distinguer une nourriture fraîche d'une nourriture qui ne l'est pas. Par conséquent, l'anguille évite les aliments nécrophages autant que possible et préfère une nourriture saine (Ahmad *et al.*, 2006). Les poissons disposent d'un organe olfactif hautement développé grâce à leurs deux fosses nasales (une pour l'entrée et l'autre pour la sortie), situées de chaque côté de leurs yeux et souvent séparées par une membrane. Les anguilles peuvent détecter une substance odoriférante même si elle est très diluée. Les chiens, qui ont pourtant un flair développé, ne sont pas capables d'en faire autant ! La cavité olfactive est tapissée de nombreux plis qui augmentent considérablement sa surface. Chez le brochet, un gros prédateur qui se repère visuellement, la surface olfactive est faible, tandis que chez le goujon, qui vit près du fond, elle est particulièrement développée pour compenser les conditions de visibilité médiocres de son environnement.

Les poissons ont des organes auditifs internes, toujours situés à l'intérieur de leur corps. Leur oreille interne, appelée labyrinthe, est localisée dans la tête. Comme chez les autres vertébrés, le labyrinthe est également responsable de l'équilibration, permettant aux poissons de déterminer leur position dans l'espace lors de tout changement de direction. Le labyrinthe est constitué de trois canaux hémicirculaires organisés dans un espace tridimensionnel, remplis d'endolymphe et comportant chacun une ampoule sphérique. Ces canaux se déversent dans une vésicule appelée utricule, qui est suspendue à une autre vésicule à indentation latérale, nommée saccule. Un otolithe mobile se trouve dans chacune de ces vésicules, reposant sur un coussinet de cellules nerveuses sensibles. Chaque changement de position du corps entraîne une pression des otolithes sur ces cellules sensorielles, et les différents stimuli sont ensuite traités par le cerveau. Les otolithes grandissent en même temps que le poisson, ajoutant chaque année une nouvelle couche calcaire. Ces anneaux annuels de croissance, semblables à ceux des écailles, permettent de déterminer l'âge des poissons. La

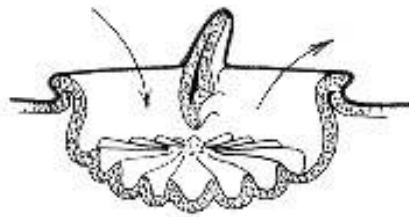
vessie natatoire et les osselets de Weber renforcent également la capacité auditive de nombreux poissons (Lechner *et al.*, 2011). (**Fig. 24; 25**)

La perception visuelle est souvent très développée chez les poissons. Les prédateurs tels que les brochets, les truites et les perches s'appuient principalement sur leur vue pour chasser. Bien que l'œil des poissons ressemble à celui des vertébrés terrestres, il existe une différence importante : la forme du cristallin ne peut être modifiée pour permettre une représentation précise des objets situés à des distances variables sur la rétine. Le cristallin des poissons est un corps dur, fixe et sphérique qui dépasse légèrement de la pupille. Grâce à la forme sphérique de la pupille, cela permet une vision presque panoramique avec un champ visuel très large (environ 180°). Les deux champs visuels se recoupent dans la zone située devant la tête, offrant une vision tridimensionnelle d'environ 20 à 30°. Si un poisson regarde vers le haut, il ne voit le monde extérieur à l'eau que par une ouverture circulaire, une « fenêtre » dont l'extension maximale est de 98°. En dehors de cette fenêtre, il perçoit la surface de l'eau comme un miroir opaque. Il a été prouvé que de nombreuses espèces de poissons ont une perception des couleurs (Gottwald *et al.*, 2018). (**Fig. 26**)

La ligne latérale est un organe particulier chez les poissons, qui leur permet de détecter les courants et les changements de pression de l'eau qui sont causés, par exemple, par les mouvements d'autres animaux ou par la réflexion des ondes de pression sur des objets (**Fig. 27**) (**Fig. 28**). De cette façon, les poissons peuvent se diriger indépendamment de la lumière et du son. Les cellules sensorielles de la ligne latérale sont principalement situées dans un canal plat qui se trouve à mi-hauteur des flancs. Ce canal s'étend de la tête à la racine de la queue. Les écailles disposées le long de la ligne latérale présentent de petites ouvertures qui forment une ligne de points sombres très visible. Lorsque les ondes de pression atteignent la ligne latérale, l'impulsion passe par les ouvertures des écailles pour arriver dans le canal de la ligne latérale, où elle rencontre des cellules sensorielles sensibles. Celles-ci sont stimulées et, grâce au système nerveux, transmettent l'impulsion jusqu'au cerveau, où elle est traitée avec d'autres stimuli produits. Le poisson est ainsi constamment informé de son environnement proche ou lointain. De nombreux poissons possèdent également un sens de l'orientation très développé. On suppose que chez les saumons, l'odorat est un facteur déterminant de leur capacité à retrouver leurs frayères. Les yeux des poissons migrateurs jouent également un rôle dans la "navigation", car ils sont capables d'évaluer la position du soleil. On a ainsi constaté que, par temps nuageux, les poissons interrompent leur migration, pour la reprendre lorsque le soleil réapparaît (Valentin, 2009).



Récepteurs gustatifs d'un poisson.



Section de la fosse gustative.

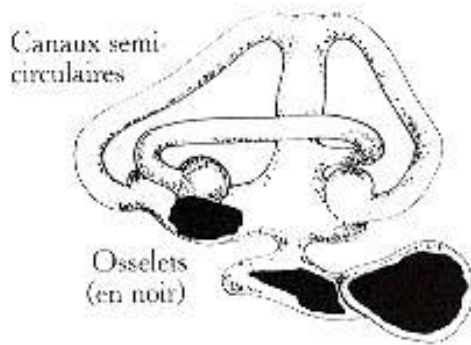


Figure 23 : Organes sensoriels d'un poisson osseux (Militz & Sigl, 1998).

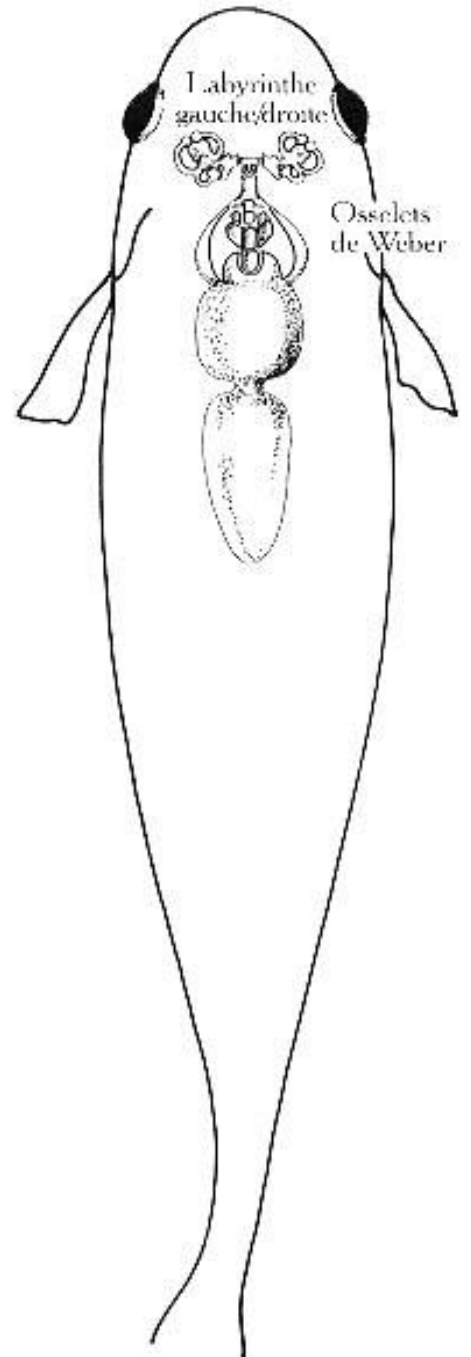


Figure 24 : Vessie et labyrinthe (Militz & Sigl, 1998).

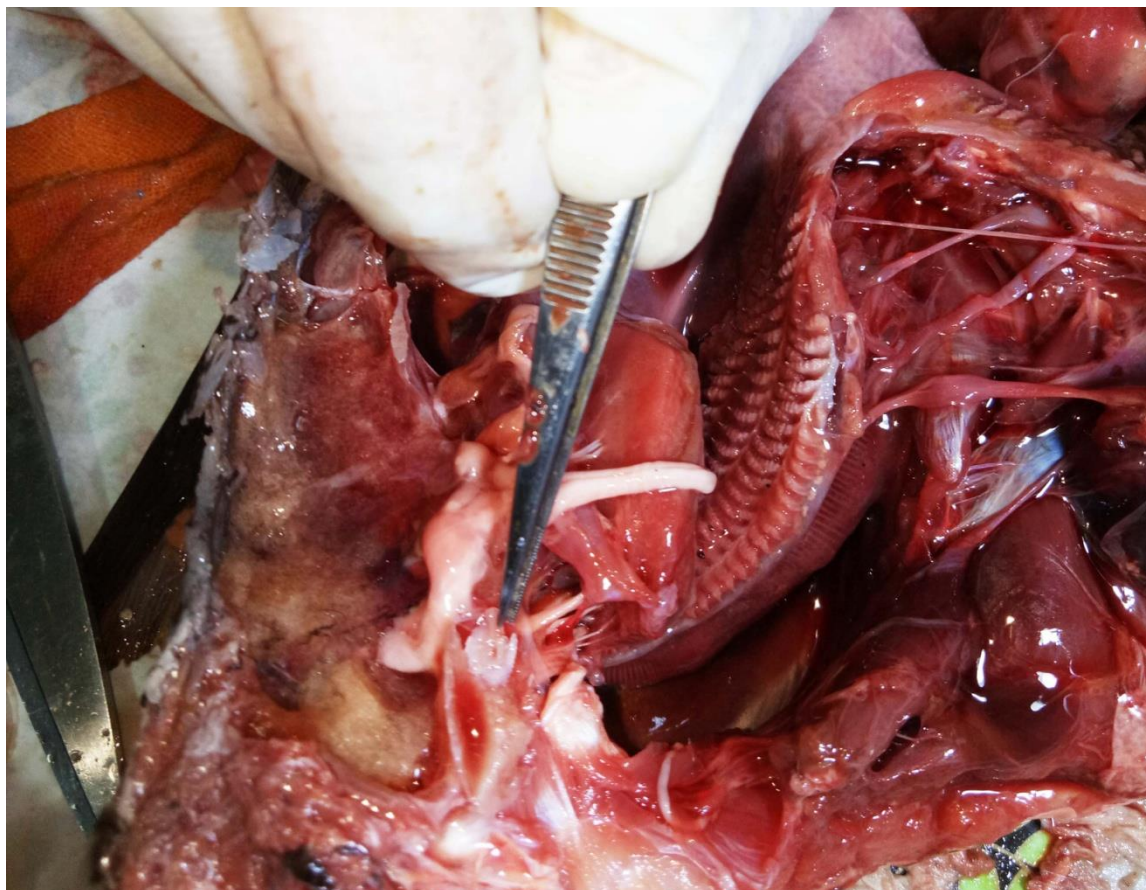


Figure 25 : Otolithe d'une carpe (*Cyprinus carpio*), pêché dans le barrage de Boughrara (Benali *et al.*, 2021).

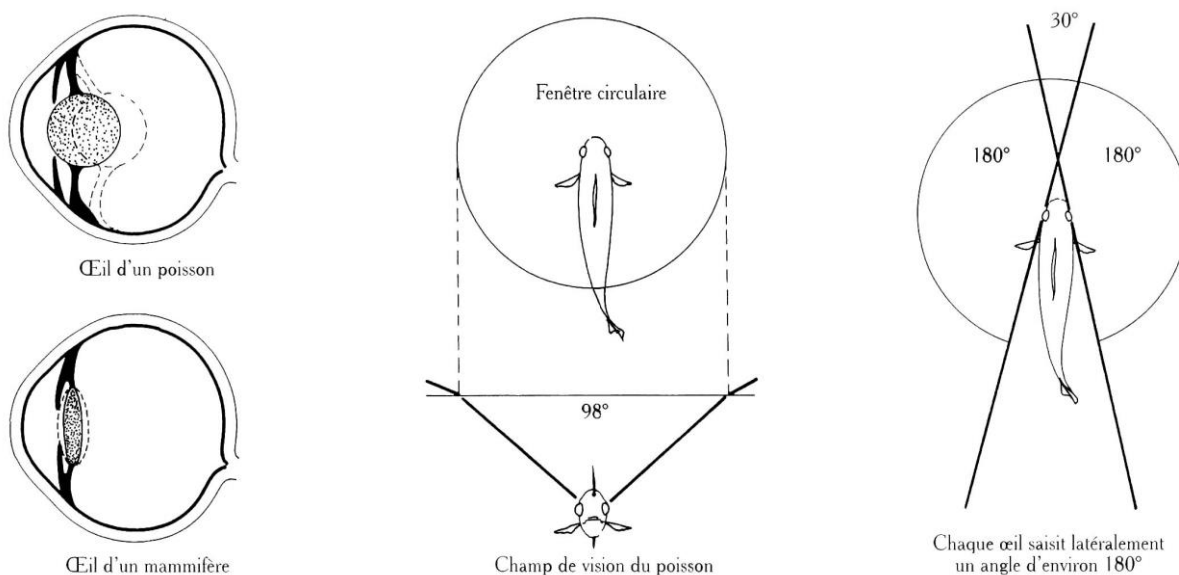


Figure 26 : La vision d'un poisson (Militz & Sigl, 1998).

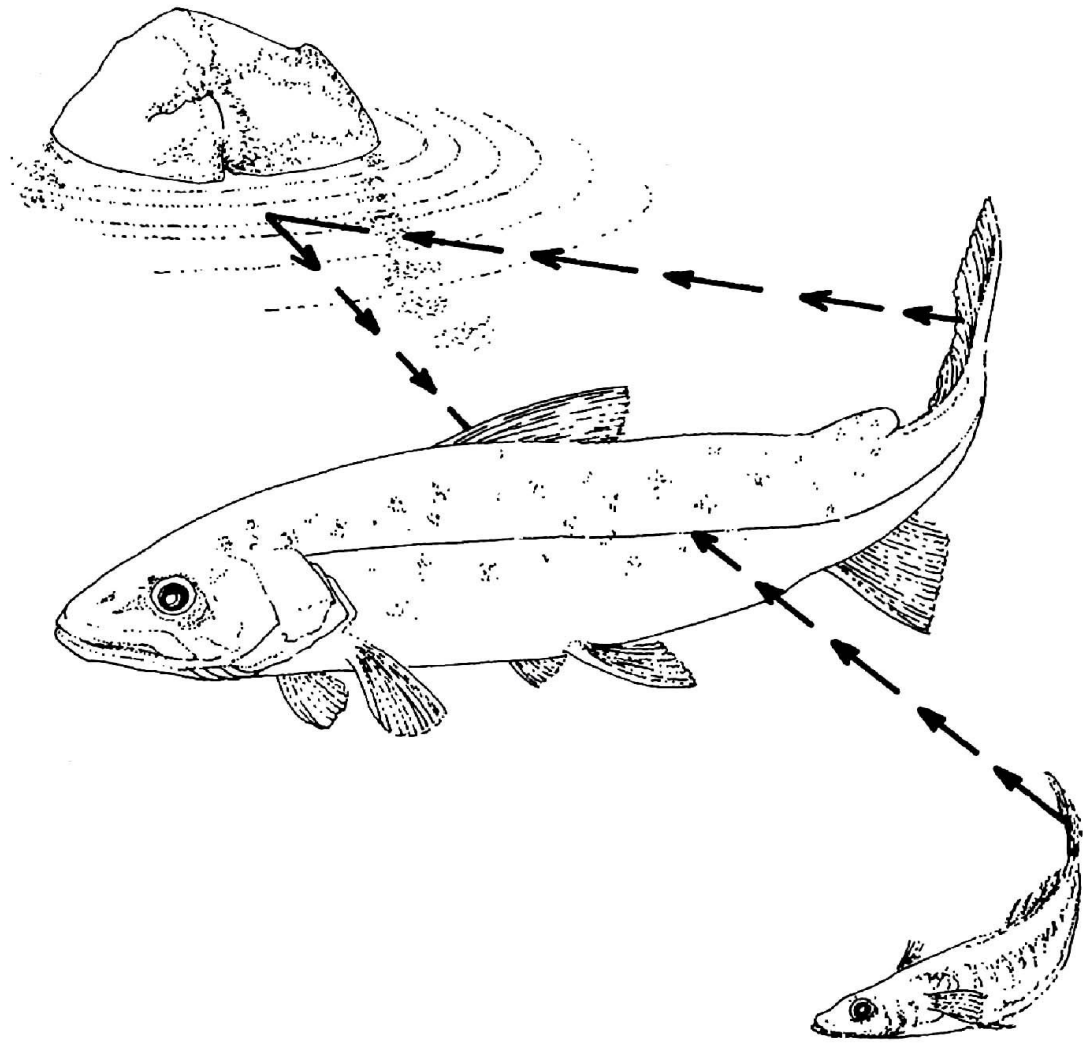


Figure 27 : La ligne latérale chez les poissons osseux
(Militz & Sigl, 1998).



Figure 28 : La ligne latérale d'un Black-bass (*Micropterus salmoides*), pêché dans le barrage de Boughrara
(Benali *et al.*, 2021).

7- De la source à l'embouchure

Les poissons d'eau douce ont des exigences très précises en ce qui concerne leur environnement, et on ne les observe que dans des régions spécifiques. Il est même envisageable de subdiviser une rivière ou un fleuve en portions, ou zones, en fonction des espèces de poissons qui y vivent. Les espèces les plus présentes sont la truite de rivière, l'ombre, le barbeau, la brème et la grémille. (**Fig. 29**)

La plupart des cours supérieures des rivières ont une eau limpide et agitée. La température reste stable, variant seulement de 1 ou 2°C par rapport à la moyenne annuelle, qui est généralement de 9°C. La saturation en oxygène atteint les 100 % pour un débit supérieur à 1 mètre par seconde, ce qui signifie que l'eau a atteint sa quantité maximale d'oxygène dissous à cette température. Cet environnement est idéal pour les truites de rivière, qui se concentrent dans les premiers courants d'eau des rivières. Elles font partie, avec le chabot, la loche, le vairon et la lamproie, des espèces de la zone des truites. Tous ces poissons ont une capacité de nage remarquable, une forme hydrodynamique qui réduit la résistance au courant, un fort besoin d'oxygène et un comportement prédateur. Ils chassent en surface, se nourrissant d'insectes et de la faune subaquatique. Les larves de lithobies, d'éphémères ou de blépharocères constituent leur nourriture préférée. La présence d'espèces caractéristiques de la zone des truites et de leurs proies est un indicateur biologique de la qualité de l'eau de niveau I, c'est-à-dire d'une propreté optimale (Witt, 1998).

En suivant le cours du fleuve, on arrive à la zone d'obscurité. À côté de cette zone, où le poisson règne en maître, on peut également trouver le chevesne, le nase commun, le saumon et la lamproie. La température de l'eau a augmenté de 4°C et oscille entre 10 et 12°C. Le débit a diminué et ne dépasse plus 1 mètre par seconde, contrairement aux 2 ou 3 mètres par seconde observés en amont. Le fond du fleuve, principalement recouvert de gravier et de galets dans la partie amont, est maintenant sablonneux, et de la vase se dépose aux endroits calmes. On peut observer les premières plantes aquatiques qui, en plus de fournir un abri, servent de nourriture aux insectes. Bien que la plupart des poissons soient carnivores, certains, comme le nase commun, se nourrissent d'algues. Comme les truites, ils fraient sur le fond graveleux, dans une eau toujours claire et riche en oxygène. Le niveau de qualité biologique de l'eau est classé entre I et II (eau moyennement polluée) (Witt, 1998).

Dans cette partie du fleuve, qui correspond au cours moyen, le débit diminue progressivement. Les anses du bord de l'eau sont des endroits où des bancs de vase se

forment, offrant un terrain propice à la croissance végétale. Seul le milieu du fleuve conserve un courant assez fort, avec un fond sablonneux ou graveleux dénudé. Le lit du fleuve et le niveau de l'eau ne sont plus soumis aux mêmes tourbillons que dans les deux segments précédents. La température de l'eau varie généralement entre 12 et 14°C, et la qualité de l'eau est habituellement de II, en raison de l'activité naturelle. Cette partie du fleuve est le domaine des barbeaux, qui comprennent des espèces comme le barbeau, le gardon rouge, l'aspe, la vandoise, le saumon et le streber. Dans la zone des brèmes, qui inclut également la tanche, la perche, le rotengle, le gardon, l'anguille et le brochet, les caractéristiques de la zone des barbeaux se renforcent. Le courant, encore plus lent, dépose des bancs de vase, et le cours du fleuve, sinueux, offre des bras morts et des cours d'eau secondaires, où la température de l'eau peut dépasser 20°C en été. La saturation en oxygène de l'eau tombe souvent en dessous de la valeur minimale. La forme typique des poissons est plus compacte et ronde, signe d'une adaptation au faible débit. Des nymphéacées, comme les nénuphars jaunes et blancs, peuvent y pousser. En raison de la couverture végétale étendue, de nombreuses espèces se reproduisent dans les plantes en accrochant leurs œufs à la flore subaquatique, les protégeant ainsi d'une mort par étouffement dans la boue. L'eau est souvent très trouble en raison de la vase, et la qualité biologique de l'eau diminue régulièrement entre II et III (eau sale) (Witt, 1998).

Avec la région des grémilles et des flets, qui abritent des espèces typiques telles que la grémille, le flet, l'alose finte, l'ombre de mer, l'esturgeon ou l'anguille, nous sommes déjà à l'embouchure du fleuve où il se jette dans la mer. Le lit du fleuve s'élargit et le courant est faible, ce qui permet à l'eau de mer de remonter et de se mélanger avec l'eau douce, créant ainsi une eau saumâtre. Le fond est très boueux et extrêmement riche en nutriments. Les rives sont larges, couvertes d'une végétation dense et l'eau est trouble, sa teneur en oxygène pouvant atteindre des niveaux critiques de 10 % dans les affluents lorsque la température dépasse 20°C (ce qui peut être fatal pour les poissons). En raison de la pollution industrielle et agricole, la qualité de l'eau varie de II (bonne) à IV (très polluée). Du ruisseau de montagne clair à l'embouchure, en passant par le fleuve qui traverse rapidement les collines et les forêts, différents habitats et espèces de poissons sont présents localement. L'homme a altéré le cours naturel des choses en polluant, en contrôlant et en utilisant ces cours d'eau (Witt, 1998).

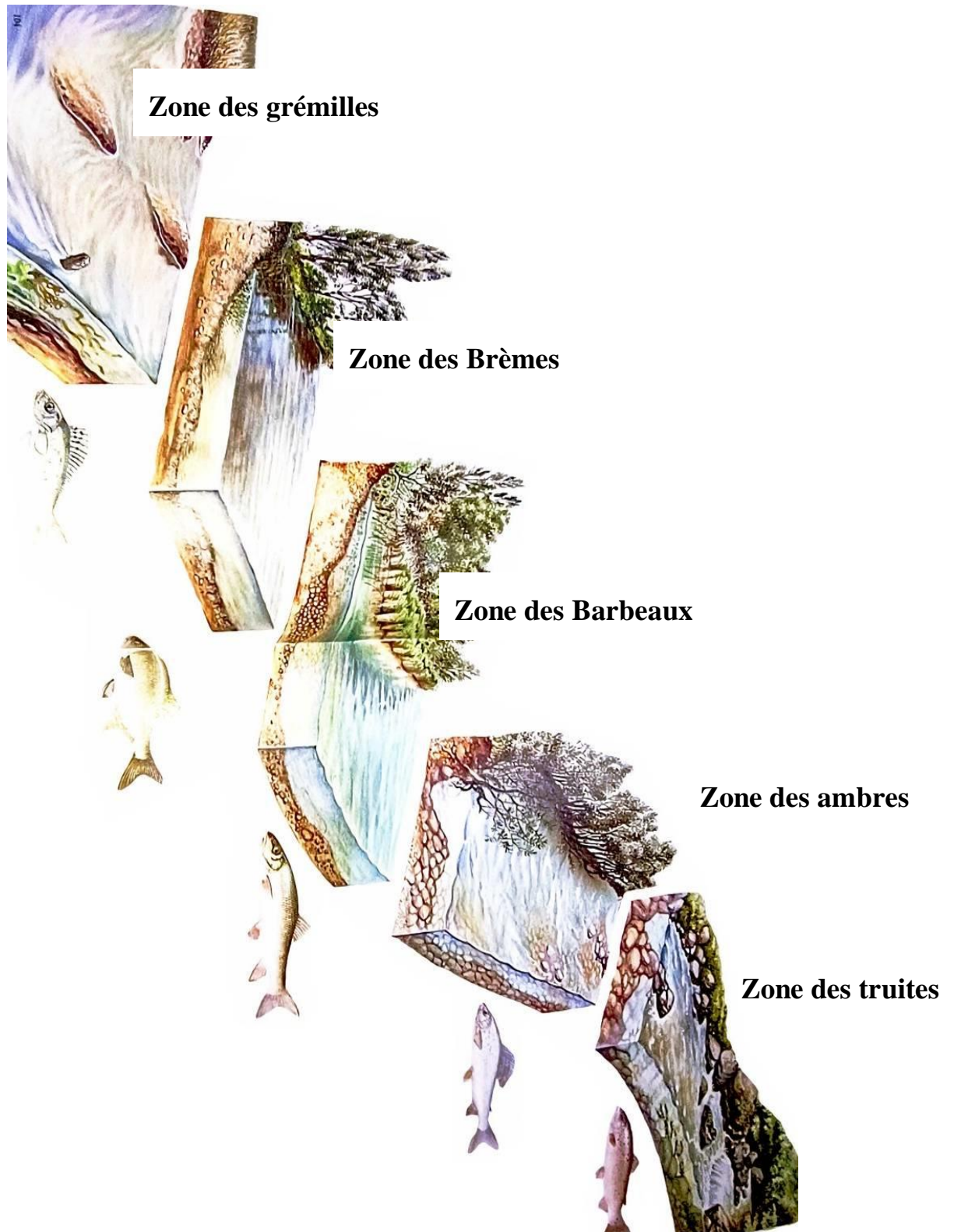


Figure 29 : De la source à l'embouchure
(Witt, 1998).

Chapitre II
Principes de la
caractérisation biologique et
génétique

La caractérisation biologique des populations de poissons d'eau douce par analyse morphologique et génétique est une approche utilisée pour étudier la diversité génétique et la variabilité morphologique au sein des populations de poissons. Cette méthode permet de comprendre l'évolution, la dispersion et l'adaptation des différentes populations de poissons dans un environnement donné.

L'analyse morphologique consiste à mesurer et à évaluer les caractères externes des poissons, tels que la forme du corps, la longueur, la largeur des nageoires, la taille de la tête, etc. Ces caractères morphologiques peuvent être comparés entre différentes populations pour déterminer s'il y a des différences significatives. Par exemple, certaines populations de poissons peuvent présenter des adaptations morphologiques spécifiques à leur habitat, comme des nageoires plus longues dans les populations vivant dans des courants forts.

Les techniques morphométriques sont utilisées pour quantifier et analyser les variations morphologiques entre les populations de poissons. Des mesures précises sont prises sur un grand nombre d'individus appartenant à différentes populations. Ces mesures sont ensuite analysées statistiquement pour déterminer s'il y a des différences significatives dans les caractéristiques morphologiques entre les populations. Des méthodes telles que l'analyse en composantes principales (ACP) ou l'analyse discriminante peuvent être utilisées pour identifier les différences morphologiques les plus pertinentes.

L'analyse génétique utilise des marqueurs génétiques pour examiner la diversité génétique des populations de poissons. Cependant, l'indice H de diversité de Shannon-Weaver est un outil statistique utilisé pour mesurer la diversité d'une population. Il combine à la fois l'abondance et l'équitabilité des espèces présentes. Un indice H élevé indique une grande diversité biologique, tandis qu'un indice H faible indique une faible diversité. Ces structures contiennent des informations génétiques qui peuvent être utilisées pour estimer la diversité génétique des populations sans prélever d'échantillons d'ADN.

L'interprétation des données morphométriques et génétiques permet d'identifier les différences entre les populations de poissons et d'évaluer leur degré d'isolation génétique ou de connectivité écologique. Cette information peut être utilisée pour comprendre les processus évolutifs qui façonnent la diversité des populations de poissons, tels que la dérive génétique, la sélection naturelle ou la migration. Elle peut également être utile pour la conservation des poissons d'eau douce, en identifiant les populations menacées ou présentant des adaptations uniques qui pourraient nécessiter une attention particulière.

En résumé, l'analyse morphologique et génétique des populations de poissons d'eau douce sans manipulation directe de l'ADN permet d'étudier la diversité génétique et la variabilité morphologique des populations. Cette approche fournit des informations cruciales sur l'adaptation des poissons à leur environnement et peut être utilisée dans des études de conservation et de gestion des populations.

1- La diversité génétique

La diversité génétique correspond à la variabilité de l'ADN et est le résultat de l'adaptation à un ensemble de conditions environnementales. Elle peut se mesurer à l'échelle de l'individu, d'une population, d'une espèce ou même d'une communauté d'espèces.

La diversité génétique représente entre autre l'ensemble du matériel génétique responsable des caractères qui rendent possible la persistance et la reproduction des espèces dans leur environnement. Pour les chercheurs responsables de l'amélioration génétique, la diversité génétique est le matériel de base qui est exploité pour sélectionner les individus les plus performants.

L'étude de la diversité génétique est une des applications les plus répandues pour les marqueurs moléculaires et morphométriques. Le choix du marqueur approprié dépendra en partie du matériel au sein duquel on cherche à mesurer la diversité génétique, selon le but de l'étude, on peut être intéressé à mesurer la diversité génétique entre des espèces (niveau interspécifique) ou encore entre divers individus ou populations au sein d'une même espèce (niveau intraspécifique).

1.1- Diversité interspécifique

La diversité interspécifique fait référence à la variété des espèces présentes dans un écosystème donné. Elle mesure la différence génétique entre les espèces existantes, reflétant ainsi la richesse et la composition spécifique de l'ensemble de l'écosystème.

L'indice F_{ST} , développé par Sewall Wright en 1951, est un outil statistique utilisé pour évaluer la structure génétique des populations. Il mesure la différence génétique entre les populations par rapport à la différence génétique totale de l'ensemble de l'écosystème. Cet indice peut varier de 0 à 1, où une valeur plus proche de 0 indique une faible divergence

génétique entre les populations et une valeur plus proche de 1 indique une forte divergence génétique.

L'indice GST, proposé par Motoo Kimura en 1969 et développé par Masatoshi Nei en 1973, est une autre mesure de la diversité génétique entre populations. Il est très similaire à l'indice FST, mais il prend également en compte la diversité génétique à l'intérieur des populations. Cet indice est également compris entre 0 et 1, où une valeur proche de 0 indique une faible divergence génétique à la fois entre les populations et au sein des populations, tandis qu'une valeur proche de 1 indique une forte divergence génétique à la fois entre les populations et au sein des populations.

Prenons l'exemple du poisson pour illustrer ces concepts. Supposons que nous ayons deux populations de poissons vivant dans deux lacs différents. Pour évaluer la diversité interspécifique entre ces populations, nous pourrions utiliser l'indice FST pour mesurer la différence génétique entre les poissons des deux lacs. Si l'indice FST indique une valeur proche de 0, cela signifierait que les poissons des deux lacs sont génétiquement similaires, ce qui pourrait indiquer une faible diversité interspécifique. En revanche, si l'indice FST indique une valeur proche de 1, cela indiquerait que les poissons des deux lacs ont des différences génétiques significatives, ce qui refléterait une plus grande diversité interspécifique.

Pour compléter l'analyse, nous pourrions également utiliser l'indice GST pour évaluer la diversité génétique à la fois entre les populations et au sein des populations de poissons de chaque lac individuel. Un indice GST proche de 0 indiquerait que les poissons d'un même lac sont génétiquement similaires et qu'il y a une faible variation génétique à la fois entre les populations et au sein des populations. En revanche, un indice GST proche de 1 indiquerait que les poissons d'un même lac présentent de grandes différences génétiques, tant entre les populations qu'au sein des populations.

En résumé, la diversité interspécifique fait référence à la variété des espèces dans un écosystème, tandis que les indices FST et GST sont utilisés pour évaluer la structure génétique des populations et la diversité génétique à la fois entre les populations et au sein des populations.

1.2- Diversité intraspécifique

La diversité intraspécifique se réfère à la variabilité génétique et phénotypique présente au sein d'une même espèce. Cette diversité peut être observée à différents niveaux,

notamment sur le plan génétique, morphologique, comportemental ou écologique. Elle est le résultat de processus tels que la mutation, la recombinaison génétique, la dérive génétique, la sélection naturelle et d'autres forces évolutives.

En ce qui concerne les poissons, la diversité intraspécifique est souvent visible à travers des variations morphologiques, comportementales et écologiques entre les individus appartenant à la même espèce de poisson. Par exemple, différentes populations de poissons peuvent présenter des variations dans la couleur, la forme des nageoires, la taille, le régime alimentaire, la stratégie de reproduction et les comportements sociaux (McKenzie *et al.*, 2021).

Un exemple d'étude sur la diversité intraspécifique chez les poissons d'eau douce est celle menée sur la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) par De Araújo Júnior *et al.* (2023) intitulée " Population structure and genetic diversity ". Cette étude a démontré que différentes populations de truites arc-en-ciel présentent des variations génétiques au niveau des marqueurs moléculaires, ce qui indique une certaine diversité génétique intraspécifique. De plus, les populations de truites arc-en-ciel peuvent également avoir des différences phénotypiques, comme la taille du corps et la forme de la nageoire, en fonction des conditions environnementales dans lesquelles elles vivent.

2- Mesures de la diversité génétique

L'étude de la diversité génétique est le processus par lequel la variation entre les individus ou les groupes d'individus ou les populations est analysée par une méthode spécifique ou une combinaison de méthodes : méthode des marqueurs génétiques moléculaires, la mesure de l'apparentement, la mesure de l'effectif génétique et les mesures phénotypiques.

Les données impliquent souvent des mesures numériques et dans de nombreux cas, nécessitent des combinaisons de types différents de variables ; des données morphologiques, données biochimiques, les données de pedigree et les données par les marqueurs d'ADN qui permettent une différenciation plus fiable des génotypes. Puisque chacun de ces ensembles de données fournit différentes informations, le choix de la méthode (s) analytique dépend de l'objectif (s) de l'expérience, le niveau de résolution exigée, les ressources et l'infrastructure technologique disponible et les contraintes de temps (Karp *et al.*, 1997; Henkrar, 2017).

2.1- L'analyse de variance des données moléculaires, AMOVA :

Relève du même principe de décomposition de la diversité présente à chaque niveau hiérarchique ; elle facilite aussi l'identification des niveaux qui procurent le plus de variabilité. L'AMOVA présente l'intérêt aussi d'être basée sur une mesure de diversité intégrant des mesures de distance entre entités et de proposer des procédures d'inférence. Les tests de permutation de données permettent de s'affranchir de la normalité des distributions. Les analyses multi variées conduites sur les données alléliques ou génotypiques sont de bons outils pour représenter la variabilité observée. Elles permettent d'exploiter les génotypes individuels et donc d'évaluer la diversité intra population et la différenciation inter population par des analyses hiérarchiques menées sur chaque axe (Excoffier et coll. 1992).

Les analyses multivariées sont aussi de bons outils pour révéler la différenciation génétique entre sous-populations pour des caractères quantitatifs en tenant en compte des corrélations entre caractères.

2.2- Distance génétique

La distance génétique est la différence entre deux entités qui peuvent être décrites par la variation allélique (Nei, 1973). Cette définition était élaborée par Nei (1987) comme "la mesure de la différence génique entre des populations ou des espèces, qui est mesurée par une certaine quantité numérique". Une définition plus compréhensive de la distance génétique est "n'importe quelle mesure quantitative de la différence génétique, soit au niveau de la séquence soit au niveau de la fréquence allélique, calculé entre des individus, des populations ou des espèces" (Beaumont *et al.*, 1998).

La distance et la similitude génétique entre deux génotypes, populations, ou individus peuvent être calculées par des mesures statistiques diverses selon l'ensemble de données. Le choix d'une mesure appropriée pour évaluer la diversité génétique et déterminer les relations entre les individus dans une population ainsi que l'utilisation d'une méthode statistique appropriée sont aussi importants que le choix du marqueur utilisé. Plusieurs études et revues discutent les différences entre les mesures existantes (Felsenstein, 1984; Nei, 1987; Weir, 1990, 1996; Beaumont *et al.*, 1998; Gaouar, 2009; Lamara, 2010).

Les mesures de similarité (S) et les distances génétiques (D) sont les plus généralement utilisées. Ces mesures servent à mesurer la ressemblance ou la dissemblance entre deux individus et on peut passer de l'une à l'autre par une simple transformation linéaire où $D=1-S$.

De très nombreux indices de distance ont été identifiés sur les données binaires et la plupart varient de 0 à 1. Parmi les plus utilisés, nous mentionnerons la distance de Reynolds (1983), de Nei (1972) et le f_{st} pairwis. Ces indices sont choisis en fonction des caractéristiques des marqueurs utilisés. Les distances sont d'autant plus précises que le nombre de locus qui sert à les établir est élevé.

L'estimation de la distance génétique permet non seulement une meilleure compréhension et l'organisation de l'ensemble du germoplasme, mais aboutit aussi au choix biologiquement orienté du croisement (Vieira *et al.*, 2007).

2.3- Représentation graphique : UPGMA

Pour représenter graphiquement la distance génétique entre différentes lignées ou individus, on peut utiliser une matrice de distances qui peut être ensuite représentée sous forme de dendrogramme. Dans ce dendrogramme, les lignées les plus proches génétiquement apparaissent comme les plus proches les unes des autres. Différentes méthodes d'analyse de la structure peuvent être utilisées, mais la méthode la plus simple est l'algorithme UPGMA (« Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages »). Cet algorithme permet de générer un arbre unique à partir d'une matrice des distances génétiques (Sokal & Michener, 1958); (Felsenstein, 1981); (Saitou & Nei, 1987).

Pour illustrer cela avec un exemple, prenons le cas de l'étude de la diversité génétique des espèces de poissons dans un lac. Supposons qu'une équipe de chercheurs collecte des échantillons de poissons provenant de différentes parties du lac. Ils peuvent ensuite analyser le génome de ces poissons pour calculer les distances génétiques entre les individus. En utilisant l'algorithme UPGMA, ils peuvent générer un dendrogramme qui représente la distance génétique entre les différentes espèces de poissons. Les poissons qui sont génétiquement plus similaires apparaîtront comme étant plus proches les uns des autres sur le dendrogramme.

Plusieurs études récentes ont inclus cette méthode dans leurs recherches sur les poissons d'eau douce, notamment les études menées par Jiang *et al.*, en 2022, ainsi que celles réalisées par Sahoo *et al.*, en 2023.

2.4- Dendrogrammes

Les dendrogrammes sont des diagrammes qui traduisent graphiquement les degrés de similitude entre les groupes et qui sont hiérarchisés en effectuant des moyennes entre les distances (Solignac *et al.*, 1995).

Une fois que les distances sont calculées, un algorithme de regroupement, tel que le coefficient de corrélation ou la distance euclidienne, est utilisé pour créer des groupes d'individus similaires. Les groupes sont ensuite fusionnés progressivement, en formant des niveaux hiérarchiques, jusqu'à ce qu'un dendrogramme complet soit obtenu.

Dans le cadre de l'étude des poissons d'eau douce, nous pouvons observer la structure et la classification des poissons d'eau douce en fonction de leurs caractéristiques morphologiques. Par exemple, les espèces qui partagent des caractéristiques similaires, comme une forme de corps allongée ou des nageoires développées, peuvent être regroupées plus étroitement sur le dendrogramme, indiquant une plus grande similarité morphologique.

2.5- Analyse multidimensionnelle

L'analyse multidimensionnelle, également connue sous le nom d'Analyse en Composantes Principales (ACP), est une technique statistique largement utilisée pour analyser et interpréter des ensembles de données complexes. Elle permet de réduire la dimensionnalité des données en les projetant dans un espace de dimensions inférieures, tout en conservant au maximum l'information contenue dans ces données (Benzécri *et al.*, 1973); (Lebart *et al.*, 1997).

L'ACP est souvent utilisée dans le domaine de la biologie pour analyser des données morphologiques, telles que des mesures biométriques. Elle permet de déterminer les principales sources de variation dans les caractéristiques morphologiques étudiées et d'identifier les variables les plus influentes.

L'analyse multidimensionnelle commence par la construction d'une matrice de données où les individus (dans ce cas des poissons d'eau douce) sont représentés par des lignes et les variables morphologiques sont représentées par des colonnes. Les mesures biométriques (par

exemple, longueur totale (TL), Longueur standard (SL), Longueur à la fourche (FL)) sont enregistrées pour chaque poisson.

Ensuite, l'ACP effectue une analyse des corrélations entre les variables, afin d'identifier les relations linéaires entre celles-ci. Elle calcule les valeurs propres et les vecteurs propres de la matrice de corrélation, qui représentent respectivement l'importance des dimensions extraites et les combinaisons linéaires de variables.

Les dimensions extraites, appelées composantes principales, sont ordonnées selon leur importance décroissante, c'est-à-dire en fonction de la quantité de variance expliquée dans les données. Les premières composantes principales expliquent donc la majorité de la variation observée dans les mesures biométriques.

En interprétant les vecteurs propres associés à chaque composante principale, on peut identifier les variables morphologiques qui contribuent le plus à la variation observée. Par exemple, si la première composante principale est fortement corrélée avec la longueur du poisson, cela signifie que la longueur est une variable importante pour expliquer la variation morphologique observée dans l'échantillon.

Une fois l'analyse effectuée, il est possible de représenter graphiquement les individus et les variables dans l'espace des composantes principales. Ceci permet de visualiser les relations existantes entre les individus et de regrouper ceux qui sont similaires du point de vue morphologique.

3- Évaluation de la biodiversité des poissons d'eau douce en Algérie

La biodiversité des poissons d'eau douce dans le monde est incroyablement riche et variée. Ces poissons jouent un rôle crucial dans les écosystèmes aquatiques, en tant que prédateurs et proies, et contribuent à maintenir l'équilibre écologique des cours d'eau, des lacs et des marécages. Ils fournissent également une source de nourriture et un moyen de subsistance pour de nombreuses populations à travers le monde.

En Afrique, la biodiversité des poissons d'eau douce est particulièrement importante, car le continent possède de vastes systèmes fluviaux et lacustres. Il abrite une grande variété d'espèces endémiques qui ne se trouvent nulle part ailleurs. Parmi les poissons d'eau douce les plus emblématiques d'Afrique, on retrouve les tilapias, les cichlidés du lac Tanganyika, les poissons-chats et les perches du Nil.

En ce qui concerne l'Algérie, le pays présente également une biodiversité intéressante en matière de poissons d'eau douce. L'Algérie possède une riche diversité de poissons d'eau douce, notamment dans les différentes rivières et les lacs du pays. Certains des poissons d'eau douce les plus couramment rencontrés en Algérie comprennent le barbeau, le silure, la carpe, la truite et le gardon.

L'eau en Algérie est un problème crucial et permanent, mais aussi une ressource rare mal exploitée et mal gérée (Bouziani, 2006). Les eaux douces algériennes font l'objet de plusieurs études depuis le 19^e siècle, l'Algérie de par sa position géographique, possède un patrimoine naturel d'une très grande richesse biologique avec un large éventail d'écosystèmes différents. Une grande attention a été accordée aux richesses biologiques des eaux continentales, car les poissons jouent un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des milieux aquatiques (Periat *et al.*, 2015).

Des études portant sur le rôle de la biodiversité en Algérie (Mediouni, 2000) ;(Grimes, 2001) ;(Grimes *et al.*, 2004) ;(Véla and Benhouhou, 2007) ;(Touahria and Seridji 2010) ;(Ghennam, 2012), montrent que la pauvreté et la perte des écosystèmes et de la biodiversité sont inextricablement liées. Les bénéficiaires immédiats des écosystèmes et de la biodiversité concernent la frange la plus défavorisée de la population. Les activités les plus touchées sont l'agriculture de subsistance, l'élevage, la pêche et la sylviculture informelle, dont dépendent, d'ailleurs, la plupart des pauvres du monde entier. Dans la majorité des pays, la biodiversité revêt un rôle vital, notamment dans la répartition des richesses. En Algérie, pays assez peu industrialisé (hors secteur hydrocarbures), le rôle de l'Agriculture et des secteurs connexes reste relativement important (Ghennam, 2011).

La faune vertébrée continentale est estimée à 650 espèces alors que celle marine atteint 341 espèces, soit au total près de 1000 espèces inventoriées. Les poissons d'eau douce algérienne sont au nombre de 71 espèces (Bouhadad, 2012). Ils ne sont pas très nombreux du fait d'un climat globalement aride. 26 espèces sont introduites, soit près du tiers de l'effectif global. Elles représentent une menace potentielle pour les espèces autochtones. Trois d'entre elles seulement sont endémiques :

- *Aphanius apodus* (Gervais, 1853), espèce en danger localisée dans l'Est algérien (région de Batna, Constantine, Ain M'lila). Espèce en danger.
- *Aphanius saourensis* (Blanco, Hrbeck et Doadrio, 2006), espèce endémique de la région de Béchar, menacée également.

- *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), espèce rencontrée au nord-est du Sahara et en Tunisie.

Entre 2000 et 2022, les connaissances ont avancé dans certains groupes taxonomiques et stagné dans d'autres. L'amélioration des connaissances se rapporte surtout aux espèces marines au préjudice des espèces d'eau douce. Les études sur l'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie n'ont pas connu un grand essor, en comparaison avec celles dédiées aux poissons marins. Les recherches ont surtout porté sur la systématique.

Tandis qu'il existe des divergences sur la notion d'espèces et de sous-espèces (Doadrio, 1994) ; (Azeroual *et al.* 2000), la synthèse bibliographique des travaux effectués par Oudjoudi en 2020 sur la biodiversité de l'ichtyofaune continentale algérienne, a permis d'établir une liste de 78 espèces de poissons réparties en 26 familles et 46 genres (Oudjoudi, 2020) :

- La famille des Cyprinidés domine avec 19 espèces (24.3 %).
- La famille des Cichlidés avec 10 espèces (12.8 %).
- La famille des Mugilidés avec 5 espèces (6.4 %).
- Les familles des Aphaniidae et des Leuciscidae avec 4 espèces (5 % chacune).
- Les familles des Salmonidae, des Pœciliidae, des Clupeiidae et des Xenocyprididae sont représentées par 3 espèces (3.8 % pour chacune une de ces familles).

Pour le reste des familles, elles ne sont représentées que par une ou deux espèces.

Les données sur l'ichtyofaune d'Afrique du Nord en général et d'Algérie en particulier, souvent ponctuelles de différents auteurs, rares et/ou partiels, se sont succédé depuis les années 1920 : (Pellegrin, 1921); (Almaça, 1970); (Kraiem, 1989); (Le Berre, 1989); (Bouhadad, 1993); (Azeroual *et al.*, 2000); (Zouakh *et al.*, 2004); (Blanco *et al.*, 2006); (Bacha and Amara, 2007); (Kara, 2011); (Brahimi *et al.*, 2017); (Brahimi *et al.*, 2018); (Benali *et al.*, 2020); (Benali *et al.*, 2021).

4- Évaluation de l'état écologique des poissons d'eau douce en Algérie

4.1- Selon l'origine

Selon Chaibi (2014) l'ichtyofaune continentale algérienne compte 67 espèces, elle est caractérisée par une présence identique des espèces autochtones et introduites, les taux sont

respectivement 48% et 47% soient (33 et 31 espèces) pour les deux catégories. Les espèces endémiques représentent 5% soit 3 espèces de la richesse totale.

4.2- Selon la nutrition

49 % de l'ichtyofaune sont des carnivores, 44 % sont omnivores et 7 % sont considérées comme des herbivores (Chaibi, 2014)

4.3- Selon la conservation

L'ichtyofaune continentale algérienne est globalement concernée par le livre rouge de l'IUCN dont (Chaibi, 2014) :

- 4,5 % en danger critique d'extinction.
- 3 % en danger.
- 4,5 % vulnérable.
- 45 % des espèces sont incluses dans la catégorie de préoccupation mineure.
- 3 % sont quasi menacées.
- 10 % sont des espèces à données insuffisantes.
- 30 % des espèces ne sont pas mentionnées dans la liste rouge de l'IUCN.

4.5- Selon la protection

Aucun texte réglementaire ne recense les espèces de poissons d'eau douce à protéger et les mesures à prendre afin de préserver une espèce menacée ou quasiment en voie d'extinction.

5- Évaluation de la diversité ichtyologique

- Inventaire systématique actualisé des espèces recensées entre 1842 et 2018

Depuis la parution de la monographie de Pellegrin (1921) concernant les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord, peu d'études ont été réalisées sur l'ichtyofaune des eaux continentales algériennes. On peut mentionner les travaux de Dieuzeide (1927, 1932), Dieuzeide & Champagne (1950), Dieuzeide & Roland (1951), Bouton (1957), Almaça (1969, 1970, 1990), Dumont (1981), Arab (1989) et Bouhadad & Asselah (1998) traitant de la classification, ceux de Zouakh *et al.*, (2004) sur la faune aquatique des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili, ou encore ceux de Bouhadad (1993), Doadrio (1994), Doadrio *et al* (1998), Brahimi *et al* (2016, 2017, 2018) et Benali *et al.*, (2020, 2021) sur les carpes, ainsi que

des mémoires et des thèses sur les poissons de certains cours d'eau ou sur une espèce spécifique (Chaibi, 1999 ; Mazouzi, 2009 ; Hammoudi, 2011 ; Lakhdari, 2011).

En (2007) Bacha et Amara, se sont concentrés sur l'étude de la faune aquatique du principal fleuve de l'Algérie, l'Oued Soummam (Nord-est Algérie). Kara *et al.*, (2012) se sont quant à eux intéressés aux espèces de poissons introduites dans différents plans d'eau en Algérie. Une partie de cette thèse notamment vise à actualiser les connaissances sur la diversité des poissons d'eau douce en Algérie. L'objectif principal est de dresser un portrait complet des espèces ichtyologiques indigènes et introduites, tout en mettant en lumière leur statut écologique.

Afin d'obtenir une vue d'ensemble exhaustive, nous avons recueilli des données provenant d'observations personnelles, de publications et de Fishbase ([Http://www.fishbase.org/search.php](http://www.fishbase.org/search.php)). Nous avons également consulté des sources récentes publiées et de la "littérature grise" (par exemple, des rapports d'agences/projets et des manuscrits) pour reconstituer l'historique de l'ichtyofaune autochtone et introduite en Algérie.

En effet, il peut y avoir une divergence dans la détermination du nombre exact d'espèces de poissons d'eau douce en Algérie en raison de différentes interprétations de la notion d'espèce et de sous-espèce. La taxonomie des poissons peut être complexe et sujette à des révisions en fonction des nouvelles informations et des avancées scientifiques. Selon les données disponibles, l'Algérie compte environ 67 à 78 espèces de poissons d'eau douce. Cependant, ces chiffres peuvent varier en fonction des critères utilisés pour définir une espèce ou une sous-espèce. La classification des espèces est basée sur des caractéristiques morphologiques, génétiques et écologiques, ce qui peut conduire à des résultats différents. Il est donc important de noter que ces chiffres sont approximatifs et susceptibles d'évoluer avec de nouvelles recherches et l'affinement des connaissances taxonomiques.

Chaibi (2014) a utilisé une méthodologie rigoureuse et précise pour collecter et identifier les espèces, ce qui nous a permis de les comparer avec nos propres échantillons. De plus, nous avons également décidé d'ajouter les quatre nouvelles espèces décrites par Brahim *et al.* (2017, 2018) à l'inventaire original de Chaibi (2014). Ces nouvelles espèces ont été découvertes récemment et n'avaient pas été incluses dans le précédent inventaire, ce qui nous a encouragés à les ajouter pour une analyse plus complète de la biodiversité des poissons en Algérie. (**Tab. 1**).

Tableau 1 : Inventaire actualisé des poissons d'eau douce en Algérie

Familles	Espèces	Auteurs	Nom commun
Clupeidae	<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010)	Gaspereau
	<i>Alosa fallax fallax</i> (Lacepede, 1803)	Bacha & Amara (2007), Kara(2011)	Alose feinte
Salmonidae	<i>Salmo trutta macrostigma</i> (Duméril, 1858)	Bacha & Amara (2007), Moreau <i>et al.</i> , 1988, Kara (2011), Fishbase (2010), Gervais (1867)	Truite à grosse taches ou truite de corse
	<i>Salmo trutta trutta</i> (Linnaeus, 1758)	Kara (2011), Bo Delling & Doadrio -2005	Truite commune
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Bacha & Amara (2007), Kara(2011)	Truite arc-en-ciel
Cyprinidae	<i>Barbus nasus</i> (Günther, 1874)	Bacha & Amara (2007), Kara(2011)	Barbeau
	<i>Barbus callensis</i> (Valenciennes, 1842)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), LeBerre (1989) Guichenot (1850), Gervais (1853), Rafael & Doadrio (1999), Fishbase (2010), Meddour (2010), Pellegrin (1939)	Barbeau
	<i>Barbus deserti</i> (Blecker, 1863)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), LeBerre (1989), Fishbase (2010), Lhote (1942)	Barbeau du désert
	<i>Barbus leptopogon</i> (Schimper, 1834)	IUCN (2010), Fishbase (2010), Guichenot(1850), Gervais (1853)	Barbeau
	<i>Luciobarbus chelifensis</i> (Brahimi <i>et al.</i> , 2017)	(Brahimi <i>et al.</i> , 2017)	le barbeau du Chelif
	<i>Luciobarbus mascarensis</i> (Brahimi <i>et al.</i> , 2017)	(Brahimi <i>et al.</i> , 2017)	le barbeau de Mascara

Luciobarbus lanigarensis (Brahimi <i>et al.</i> , 2018)	(Brahimi <i>et al.</i> , 2018)	Barbeau de Tafna
Luciobarbus numidiensis (Brahimi <i>et al.</i> , 2018)	(Brahimi <i>et al.</i> , 2018)	Barbeau
Cyprinus carpio carpio (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Guichenot (1850), Kara (2011), Fishbase (2010), Meddour (2010)	Carpe commune
Aristichthys nobilis (Richardson, 1845)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010), Meddour -2010	Carpe grande bouche
Hypophthalmichthys molitrix (Valenciennes, 1844)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010), Meddour (2010)	Carpe argentée
Ctenopharyngodon idella (Valenciennes, 1844)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010), Meddour (2010)	Carpe herbivore
Pseudorasbora parva (Temminck & Schlegel, 1846)	Kara (2011), Bacha & Amara (2007), Fishbase (2010)	Pseudorasbora
Pseudophoxinus punicus (Pellegrin, 1920)	Meddour (2010), IUCN (2010), Lévêque & Daget, 1984	
Pseudophoxinus callensis (Guichenot, 1850)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), LeBerre (1989), Fishbase (2010), Meddour (2010), Gervais (1853, 1867)	Ablette d'orient
Scardinius erythrophthalmus (Linnaeus, 1758)	Kara (2011)	Gardon rouge
Alburnus alburnus (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011)	Ablette
Carassius auratus auratus (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011)	Carpe dorée

	Carassius gibelio (Bloch, 1782)	Meddour (2010)	Carassin prusse, Carpe de Giebel
	Carassius carassius(Linnaeus, 1758)	Kara(2011)	Carassin commun
	Leuciscus cephalus (Linnaeus, 1758)	Karali & Echikh (2005)	Chevaine
	Leuciscus rutilus (Linnaeus, 1758)	Karali & Echikh(2005)	Gardon
	Tinca tinca (Linnaeus, 1758)	Karali & Echikh(2005), Kara (2011), Bacha & Amara (2007)	La Tanche
	Aspius aspius (Linnaeus, 1758)	Kara (2011)	Aspe
	Scardinius erythrophthalmus	Kara (2011)	Rotengle
	Abramis brama (Linnaeus, 1758)	Kara (2011)	La Brème commune
Anguillidae	Anguilla anguilla (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010), IUCN (2001), Gervais, 1853, Gervais (1867)	Anguille
Cyprinodontidae	Aphanius iberus (Valenciennes, 1846)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010), IUCN (2001), Garcia- Berthou & Moreno-Amich (1991), Wildekamp <i>et al</i> (1986)	Aphanius d'Espagne
	Aphanius saourensis (Blanco <i>et al.</i> , 2006)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase, (anonyme) (2010)	Aphanius saharien
	Aphanius fasciatus (Valenciennes, 1821)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), LeBerre (1989) , Fishbase (2010), IUCN (2001),Chaoui <i>et al</i> (2006)	Aphanius de Corse

	Aphanius apodus (Gervais, 1853)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (anonyme) (2010), Gervais (1867)	
Poeciliidae	Gambusia affinis (Baird & Girard 1853)	Kara (2011), LeBerre (1989)	Gambusie
	Gambusia holbrooki (Girard 1859)	Kara, Bacha & Amara (2007), Chaoui <i>et al</i> (2006)	Gambusie
	Poecilia reticulata (Peters, 1859)	Kara (2011)	Guppy
Esocidae	Esox lucius (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Moreau <i>et al.</i> , (1988), Kara (2011), Fishbase (2010), Guichenot (1850), Gervais (1853)	Grand brochet
Atherinidae	Atherina boyeri (Risso, 1810)	Bacha & Amara (2007), Fishbase -2010	Joël
	Liza ramada (Risso, 1810)	Bacha & Amara (2007), Fishbase (2010), Meddour (2010)	Mulet capiton, Ramada ou Mulet blanc
	Liza aurata (Risso, 1810)	Bacha & Amara (2007), Fishbase -2010	Mulet doré
	Liza saliens (Risso, 1810)	Bacha & Amara (2007), Fishbase -2010	Muge sauteur ou Mulet sauteur
	Chelon labrosus (Risso, 1827)	Bacha & Amara (2007), Fishbase -2010	Mulet à grosse lèvres
Moronidae	Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Fishbase -2010	Bar ou Loup
	Dicentrarchus punctatus (Bloch, 1792)	Bacha & Amara (2007)	Bar tacheté ou Bar moucheté
Gobiidae	Gobius paganellus (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Fishbase (2010), Gervais (1867)	Gobie paganel

	Pomatoschistus marmoratus (Risso, 1810)	Bacha & Amara (2007),Gervais -1867	Gobie marbrée
Centrarchidae	Micropterus salmoides (Lacepède, 1802)	Kara (2011) ,Moreau <i>et al.</i> , (1988) ,Fishbase (2010)	Achigan à grande bouche, Perche ou Black-bass
	Lepomis gibbosus (Linnaeus, 1758)	Kara (2011), Meddour (2010)	Perche soleil
Percidae	Sander lucioperca (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007),Kara (2011),Fishbase (2010),Meddour (2010),Khatal et Remili, A(1992)	Sandre ou Perche-Brochet
	Perca fluviatilis (Linnaeus, 1758)	Kara (2011)	Perche
Cichlidae	Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)	Kara (2011), anonyme (2004) , Gervais (1867)	Tilapia du Nil
	Oreochromis mossambicus (Peters, 1852)	Bacha & Amara (2007), Moreau <i>et al.</i> , (1988) ,Kara (2011),Fishbase (2010)	Tilapia du Mozambique
	Oreochromis macrochir (Boulenger, 1912)	Bacha & Amara (2007), Moreau <i>et al.</i> , (1988),Kara (2011),Fishbase (2010)	Longfin Tilapia
	Tilapia zillii (Gervais, 1848)	Bacha & Amara (2007), Moreau <i>et al.</i> , (1988),Kara (2011), LeBerre (1989), Fishbase (2010)	Tilapia zilli
	Astatotilapia desfontainii (Lacépède 1802)	Lévêque (1990), Kara (2011), Bacha & Amara (2007), Le Berre (1989), Fishbase (2010),	Spare de Desfontaines
	Hemichromis bimaculatus (Gill 1862)	Le Berre (1989), Kara (2011), Bacha & Amara (2007)	Acara rouge
	Sarotherodon galilaeus galilaeus (L. 1758)	Kara (2011)	Tilapia de Galilée

Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010), IUCN (2001)	Blennie
Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i> (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010)	Mudfish
	<i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), LeBerre (1989) , Fishbase (2010), Okonkwo & Obiakor (2010), Leszek <i>et al.</i> , (2008), Cauvet (1915)	Silure de l'Oued Imhirou, Harmouth lazera
Siluridae	<i>Silurus glanis</i> (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010)	Silure glane
Petromyzontidae	<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758)	Bacha & Amara (2007), Kara (2011), Fishbase (2010)	Lamproie marine
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)	IUCN (2010), Fishbase (2010)	Flet commun, flet européen, flie, flondre
Syngnathidae	<i>Syngnathus abaster</i> (Risso, 1827)	Bacha & Amara (2007), Fishbase -2010	Syngnathe des lagunes
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus aculeatus</i> (L. 1758)	Bacha & Amara (2007), kara (2011), Fishbase (2010)	Epinocche, Gervais -1867
Alestidae	<i>Brycinus macrolepidotus</i> (Valenciennes, 1850)	Fishbase (2006)	Brycinus
Acipenseridae	<i>Acipenser sturio</i> (Linnaeus, 1758)	Fishbase (2010), IUCN (2001)	Esturgeon

6- Phylogéographie des barbeaux: origine et évolution

Le choix du Barbeau (**Fig. 30**) est justifié à la fois par son abondance dans les rivières d'Algérie et par le manque d'études concernant son Écologie (Zouakh, 1995, Kraïem, 1996 et 1997 ; Doadrio *et al.*, 1998 ; Aberkane et Iguer-Ouada 2011, Ould-Rouis *et al.*, 2012 et Mimeche *et al* 2014), sa biologie de la reproduction (Tazerouti, 1993) et sa phylogénie (Bouhadad, 1998).



Figure 30 : Barbeau (*Luciobarbus lanigarensis*)

(Benali *et al.*, 2021)

Les travaux de Boulenger (1911) et ceux de Pellegrin (1921) demeurent des références essentielles, malgré leur caractère incomplet au fil du temps. Depuis lors, plusieurs changements ont été apportés dans la systématique des.

Toutefois, l'apport de la génétique (Doadrio, 1990, 1994, 1998 ; Berrebi, 1995 ; Gante, 2011 ; Machordom & Doadrio, 2001 ; Tsigenopoulos *et al.*, 2003 ; Casal-Lopez *et al.*, 2015 ; Doadrio *et al.*, 2016a, 2016b) a entraîné des modifications taxonomiques majeures et permis une clarification de la répartition de ces espèces. En effet, sur la base des recherches phylogénétiques, deux lignées distinctes ont été identifiées au sein du genre *Barbus* sensu stricto : *Barbus* Daudin, 1805 et *Lucio-barbus* Heckel, 1843 (Doadrio, 1990). Ce dernier genre englobe toutes les espèces ibériques, asiatiques et nord-africaines.

En effet, d'après les études phylogénétiques, le genre *Barbus* sensu stricto est divisé en deux lignées distinctes: *Barbus* Daudin, 1805 et *Luciobarbus* Heckel, 1843 (Doadrio, 1990). Les recherches moléculaires et morphologiques indiquent une profonde division entre ces deux sous-genres (Tsigenopoulos & Berrebi, 2000; Machordom & Doadrio, 2001) et suggèrent leur élévation au rang de genre (Kottelat & Freyhof, 2007). Les espèces européennes sont incluses dans le genre *Barbus*, tandis que le genre *Luciobarbus* est composé d'espèces ibériques, asiatiques et nord-africaines.

En ce qui concerne les barbeaux nord-africains, ils ont fait l'objet de recherches phylogéographiques seulement depuis les années 90' (Doadrio, 1990; Doadrio, 1994; Berrebi, 1995; Doadrio *et al.* 1998; Tsigenopoulos & Berrebi, 2000; Machordom & Doadrio, 2001; Doadrio *et al.* 2002). Les espèces tétraploïdes sont incluses dans le genre *Luciobarbus*, avec une répartition géographique plus étendue dans tout le Maghreb. En revanche, les formes hexaploïdes, qui sont endémiques du Maroc, sont incluses dans les genres *Labeobarbus* et *Carasobarbus* (Roberts, 1975; Berrebi, 1995; Tsigenopoulos *et al.* 2010).

Dans son analyse génétique à l'aide d'allozymes en 1995, Berrebi a réussi à différencier les barbeaux du Maghreb en deux catégories principales : tétraploïdes et hexaploïdes. Le premier groupe comprend les espèces du sous-genre *Barbus* (actuellement appelé *Luciobarbus*) : *B. callensis*, *B. ksibi*, *B. lepineyi*, *B. magniatlantis*, *B. massaensis*, *B. moulouyensis*, *B. nasus*, *B. pallaryi*. Le second groupe (hexaploïdes) est composé de quatre espèces marocaines qui font actuellement partie de deux genres différents, *Labeobarbus* et *Carasobarbus* : *C. (B.) fritschii*, *C. (B.) paytonii*, *C. (B.) harterti* et *L. (B.) reinii*.

Une autre étude phylogénétique basée sur les séquences de l'ADN mitochondrial (Tsigenopoulos *et al.*, 2003) a permis de dater les événements de spéciation des différentes lignées de *Luciobarbus* méditerranéennes. En effet, l'assèchement de la Méditerranée durant la crise messénienne, il y a 5,5 millions d'années, est considéré comme un facteur clé de leur diversification.

En effet, l'histoire géologique et la crise messénienne il y a environ 5,5 millions d'années ont contribué à la grande diversification des peuplements de barbeaux en Afrique du Nord (Tsigenopoulos *et al.* 2003). Toutefois, les glaciations du Quaternaire ont eu un impact considérable en fragmentant les habitats (oueds) et en isolant les populations, ce qui a permis leur évolution indépendante et leur différenciation en espèces distinctes (Brahimi *et al.* 2016).

Les barbeaux sont ainsi un modèle intéressant en raison de leur grande diversité génétique, de leur écologie et de leur capacité d'adaptation. Bien que les barbeaux méditerranéens du nord aient été largement étudiés dans cette optique (Howes, 1987 ; Berrebi *et al.* 1988 ; Doadrio, 1990 ; Berrebi, 1995 ; Doadrio *et al.* 1998 ; Tsigenopou-los & Berrebi, 2000 ; Machordom & Doadrio, 2001 ; Doadrio *et al.* 2002), cette recherche est encore limitée dans les régions sahariennes du Maghreb.

En ce qui concerne le barbeau algérien, Bouhadad (1993) reconnaît pour l'Algérie 5 espèces réparties en deux groupes :

Le premier groupe est représenté par *Barbus callensis* et *Barbus setivimensis* qui se rencontrent dans les cours d'eau du Tell et des hauts plateaux.

Le second groupe composé de *Barbus antinorii*, *Barbus biscarensis*, *Barbus figuigensis*, se rencontrent dans les habitats aquatiques sahariens.

Les populations naturelles du sous-genre *Barbus* sont largement répandues dans les eaux continentales du Nord au Sahara (Le Berre, 1989) où on retrouve plusieurs espèces.

Matériel & méthodes

1- Objectifs du travail

Ce travail a été entrepris dans l'objectif d'étudier la diversité de la faune ichthyologique continentale dans les milieux naturels et artificiels de l'Ouest Algérien afin d'en faire un état des lieux, et d'établir un inventaire des espèces autochtones et introduites. Il constitue une étape préliminaire nécessaire pour arriver à l'étude de la biodiversité fonctionnelle. Les spécimens capturés (aléatoirement) ont fait l'objet d'une série d'observations et de mesures biométriques permettant de :

- Recueillir des données fiables et actualisées afin d'approfondir les connaissances sur cette faune ichthyologique et sur sa diversité.
- Comprendre les différences mal définies entre les espèces.
- Établir l'analyse de la diversité génétique (H) de deux espèces nouvellement décrites.
- Comparer les populations de la même espèce dans différents systèmes d'eau douce (rivière versus barrage), idée gage de l'originalité de notre travail.

Il est important de noter que nos premiers résultats nous ont amenés à nous concentrer sur l'étude des barbeaux, très abondants dans le milieu étudié. En rassemblant des données sur leur diversité génétique, nous pouvons mieux comprendre la dynamique de leur population et comment elles peuvent être affectées par différents systèmes d'eau douce.

2- Zones d'études

Les poissons sont capturés dans deux bassins versants sur les 17 que compte l'Algérie, en l'occurrence : Macta et Tafna (**Fig. 31 et 32**) qui occupent une large partie de la région de l'Ouest Algérien. Le travail s'est étalé sur une période de trois années (2017-2019). Les captures ont été initialement réalisées à l'aide d'une canne à pêche, puis en ayant recours aux filets trémail, dans deux milieux différents : un naturel, représenté par les rivières, et un artificiel, représenté par les barrages. Ces deux milieux ont été retenus par rapport à la faisabilité du travail (**Fig. 31**)



Figure 31 : Zone d'étude depuis Oued El hammam (bassins versants Macta)

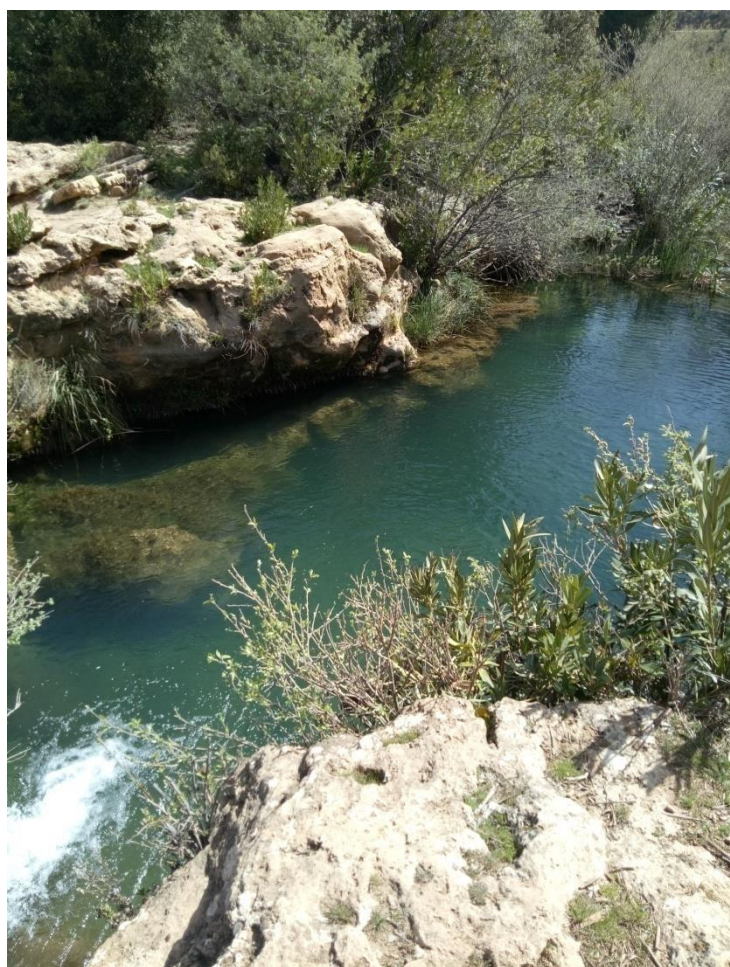


Figure 32 : Zone d'étude depuis oued Tafna (bassins versants Tafna)

Nous avons choisi quatre sites d'échantillonnage (**A, B, C et D**) dans l'Ouest Algérien, qui représentent deux types d'environnements différents : les rivières naturelles (A et C) et les barrages artificiels (B et D). Ces sites se trouvent dans deux bassins versants distincts : la Macta (A et B) et la Tafna (C et D). Ce choix est conforme à notre objectif de recherche (**Fig. 34**).

Nous avons pris soin de sélectionner les sites A et B afin qu'ils aient la même altitude et le même climat. Les sites C et D, quant à eux, diffèrent considérablement en termes d'altitude et de climat.

Cette approche comparative nous permettra d'analyser l'impact des facteurs environnementaux sur la répartition et l'adaptation de ces espèces de poissons. En comparant les rivières naturelles aux barrages artificiels, nous pourrions observer les différences en termes de diversité des espèces, de taux de reproduction, d'adaptations physiologiques et comportementales, ainsi que de pressions environnementales auxquelles les poissons sont soumis.

Cette étude nous permettra également d'évaluer l'impact des activités humaines, notamment la construction de barrages, sur la biodiversité aquatique. Les barrages ont la capacité de modifier le débit, la qualité de l'eau, l'habitat et les conditions de reproduction, ce qui peut influencer la composition des espèces présentes.

2.1- Les rivières

Parmi les rivières que comptent les deux bassins versants étudiés, nous avons retenu oued Tafna du bassin de la Tafna, et oued El hammam du bassin de la Macta au regard de l'importance de leurs débits

2.1.1- Oued Tafna (Zone D)

Oued Tafna couvre une grande partie de l'ouest de l'Algérie (**Fig. 32**). Il draine une superficie de l'ordre de 7200 Km² sur une longueur de 170 km. Il prend naissance au niveau de Ghar Boumaaza en Algérie à 1100 m d'altitude (figure 10) et termine son parcours dans la mer Méditerranée au niveau de la plage de Rachgoune en Algérie, il est limité par le 340 11' en latitude Nord et par 00 50' W 20 20'W. L'altitude dans le bassin varie entre 0 et 1800m. (Tab4).

2.1.2- Oued El Hammam (Zone A)

Oued El Hammam est situé au Nord-Ouest de l'Algérie. D'une superficie de 8348 km², il appartient à l'ensemble des bassins côtiers oranais et plus particulièrement au grand bassin de la Macta (**Fig. 33, 34**). L'Oued El Hammam prend sa source à 16 km au sud-ouest de Ras Elma et parcourt une distance de 175,5 km selon une direction sud-est nord-ouest. Le débit de l'Oued El Hammam est régularisé par les trois barrages de Fergoug, Bouhanifia et Ouizert (Meddi, Talia *et al.* 2009).

2.2- Les barrages

Les bassins versants de l'ouest récence plusieurs barrages parmi lesquels les plus importants sont barrage Bouhanifia de la Macta, et barrage Boughrara de la Tafna.

2.2.1- Barrage de Boughrara (Zone C)

Le Barrage Boughrara, situé à l'extrême Nord-Ouest de la Wilaya de Tlemcen (Nord-Ouest Algérien), appartient au bassin versant de la Tafna, dont la superficie est de 2000 km² (**Fig. 33, 34**). Ce bassin est limité par un périmètre de 241 km. (Bouزيد-Lagha and Djelita 2012)

2.2.2- Barrage de Bouhanifia (Zone B)

Le barrage de Bouhanifia est situé au nord-ouest de l'Algérie à environ 100 km au sud d'Oran et à 25 km de Mascara (**Fig. 33, 34**). La retenue du barrage de Bouhanifia est alimentée principalement par l'oued El hammam qui prend sa source au niveau des Trois Rivières, point de confluence des oueds Melrir, Hounet (formé par la confluence des oueds Sefioum et Berbour) et l'oued Sahouet (formé par la confluence des oueds Taria et Saïda) et grossi par l'oued Fekane. Il est sous l'influence du climat méditerranéen dont la température oscille entre 8°C et 10°C en hiver à +30°C en été, avec une moyenne des précipitations de 350 mm par an.

Sur chaque site d'étude (A, B, C et D) (**Fig. 33, 34**), et selon le rendement des opérations de pêche, des échantillons ont été choisis tenant compte de l'objectif principal du travail consistant à étudier la diversité de la faune ichthyologique. Les sites sélectionnés ont été géoréférencés en utilisant le positionnement géographique système (GPS) (**Tab. 2**). À chaque site d'échantillonnage, les poissons retenus pour l'étude morphométrique ont été identifiés à l'aide de clés d'identification et de photographies.



Figure 33 : Les différents sites de l'étude.

Site A) Oued El-hammam ; **Site B)** Barrage Bouhanifia ; **Site C)** Barrage Boughrara ; **Site D)** Oued Chouly.

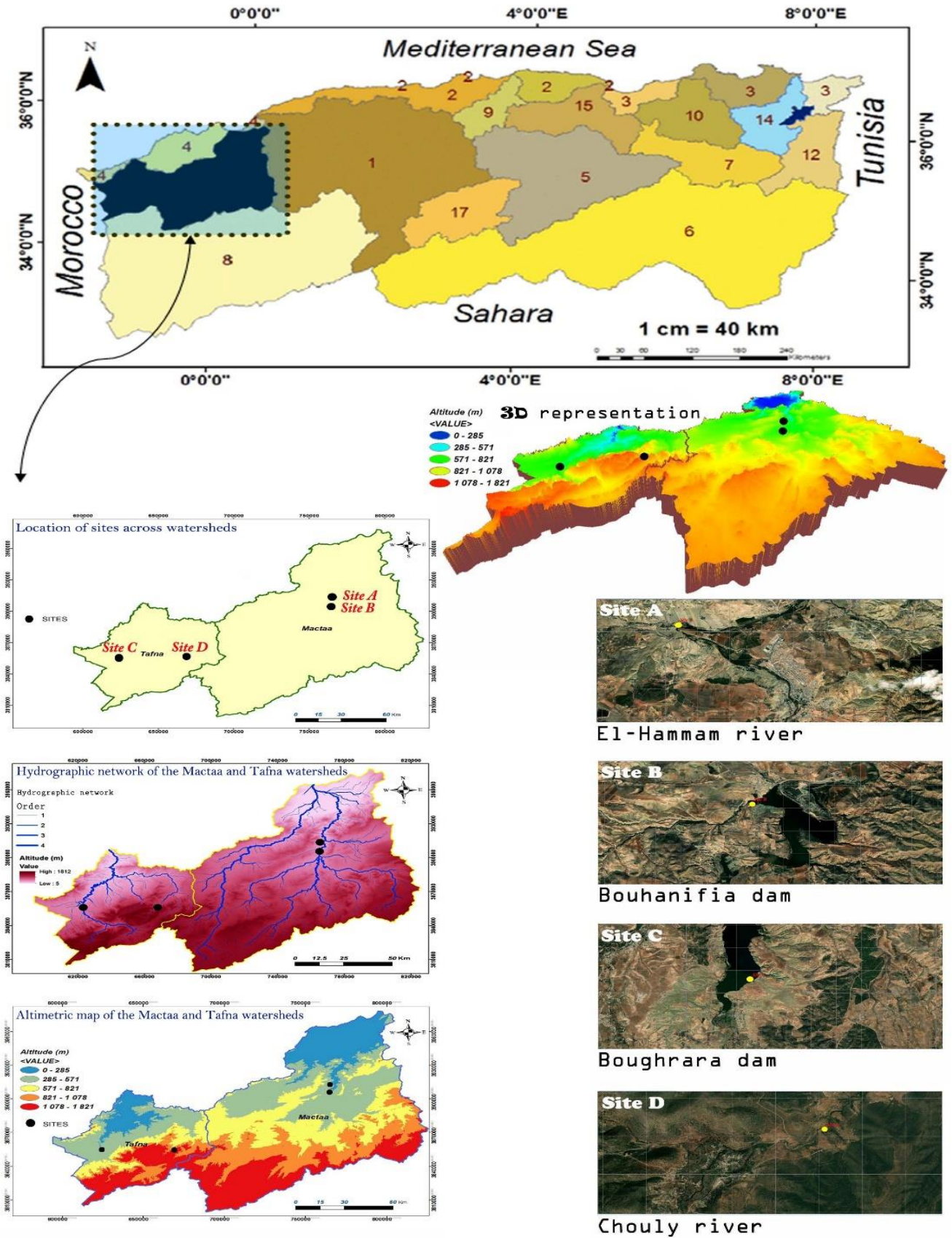


Figure 34 : Description du milieu d'étude.

Tableau 2 : Les coordonnées (GPS) des localités d'échantillonnage

Sites	Localités	Coordonnées	
		Latitude	Longitude
Site A	<i>El-Hammam River, Mascara, Algeria</i>	35°20'7.24"N	0° 4'47.88"O
Site B	<i>Bouhanifia Dam, Mascara, Algeria</i>	35°17'5.18"N	0° 5'6.73"O
Site C	<i>Bouhrara Dam, Tlemcen, Algeria</i>	34°50'17.30"N	1°38'42.40"O
Site D	<i>Chouly River, Tlemcen, Algeria</i>	34°50'35.1"N	1°09'26.0"W

3- Matériel de pêche

Deux techniques de capture ont été utilisées. La pêche à la canne et le filet de pêche (maillant). Le maillage est adapté à l'espèce recherchée. Il sélectionne donc une gamme de tailles de poisson.

Les filets utilisés sont du type trémail composé de trois nappes de filet aux mailles inégales) d'une largeur de 20 m, d'une chute de 1,8 m et un vide de mailles de 20 mm (**Fig. 35 et 36**)

Des sachets hermétiques de différentes dimensions pour la conservation des échantillons. (**Fig. 37**)



Figure 35 : la pêche a la canne.

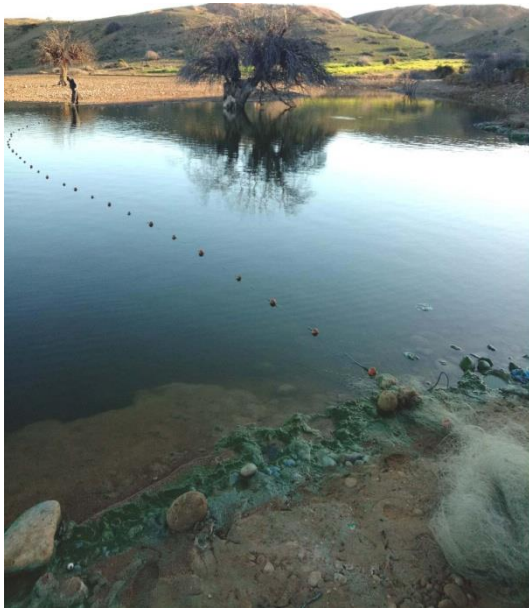


Figure 36 : la pêche au filet de type trémail.

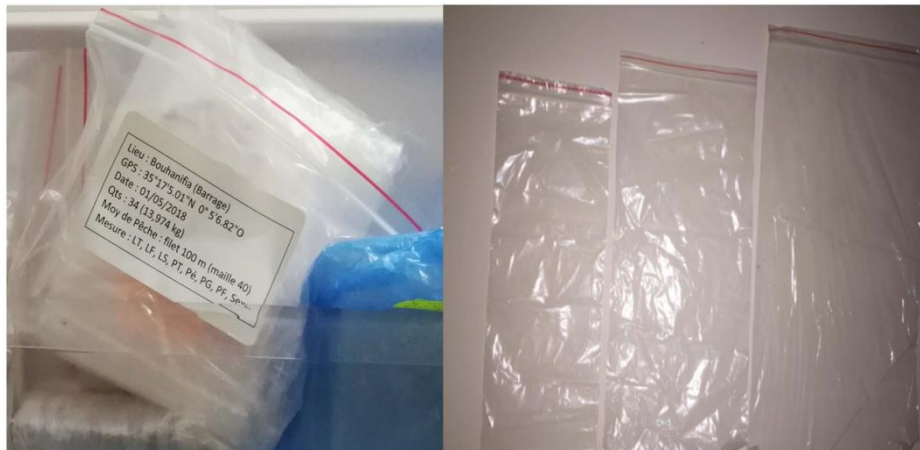


Figure 37 : Différentes dimensions des sachets hermétiques utilisés.

4- Méthodes de pêche

Il était nécessaire au début du travail de s'assurer de la présence d'une faune ichthyologique dans les milieux d'étude, c'est ainsi que nous avons eu initialement recours à la technique de pêche à la canne, une fois s'être assuré de cette présence nous sommes passés à la technique aux filets de pêche qui a servi à la capture de la quasi-totalité de nos échantillons. Pour chaque pêche le filet était posé pendant la journée, l'effort de pêche est en moyenne de 10 heures (le filets de pêche a été placé pendant la nuit, de 20 heures à 6 heures du matin) .

5- Échantillonnage

Nous avons employé dans notre recherche la méthode de l'échantillonnage aléatoire simple (**Fig. 38**), qui consiste à prélever de manière aléatoire et indépendante "n" unités d'échantillonnage d'une population de "N" éléments. Chaque individu ou point dans l'espace étudié a donc une probabilité égale d'être échantillonné.

Chaque élément sélectionné peut être réintroduit dans la population après son prélèvement pour être potentiellement choisi une seconde fois : cela s'appelle l'échantillonnage avec remise, également appelé échantillonnage non exhaustif. Si l'élément sélectionné n'est pas remis dans la population après son prélèvement, on parle d'échantillonnage sans remise ou échantillonnage exhaustif.

Exemples :

→ Une méthode garantissant sécurité et représentativité consiste à dresser la liste complète et sans répétition des éléments de la population, à les numéroter, puis à tirer au sort « n » d'entre eux à l'aide d'un système générant des chiffres aléatoires.

→ Tirage au sort d'un certain nombre d'heures de mesure dans l'année.

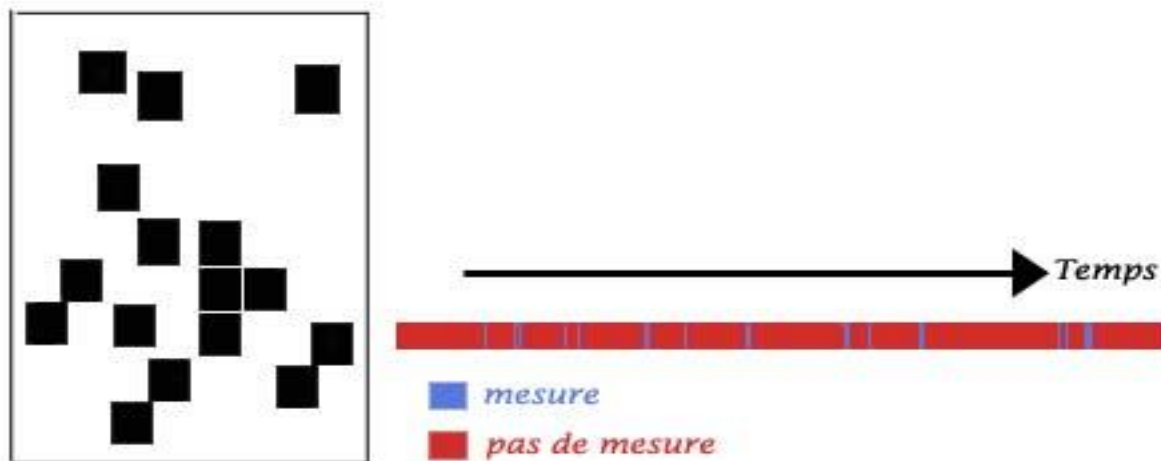


Figure 38 : Échantillonnage aléatoire simple : (à gauche) dans l'espace et (à droite) dans le temps

Pour l'établissement de l'inventaire et l'étude de la biodiversité des poissons d'eau douce, nous avons procédé à ce type échantillonnage dans notre zone d'étude, qui comprend le bassin versant de la Mactaa et celui de la Tafna. La totalité de notre échantillon, provient de 26 sites, dont 14 étaient situés dans le bassin versant de la Mactaa, tandis que 12 étaient situés dans le bassin versant de la Tafna, comme le montre la **figure 39**. Parmi ces sites, nous avons également inclus les sites A, B, C et D mentionnés précédemment. Ces derniers ont été utilisés pour comparer les deux milieux (le milieu artificiel représenté par le barrage et le milieu naturel représenté par la rivière). Les résultats de cette analyse ont été rendus publics à travers la publication d'un article.

Certains sites d'échantillonnage n'ont pas donné un résultat positif de pêche même si nous avons répété l'opération de pêche plus d'une fois, mais nous les avons conservés comme points d'échantillonnage malgré l'absence de spécimens adultes. La sécheresse qui sévit à l'Ouest Algérien est à l'origine des coupures dans les rivières causant la raréfaction des populations piscicoles.

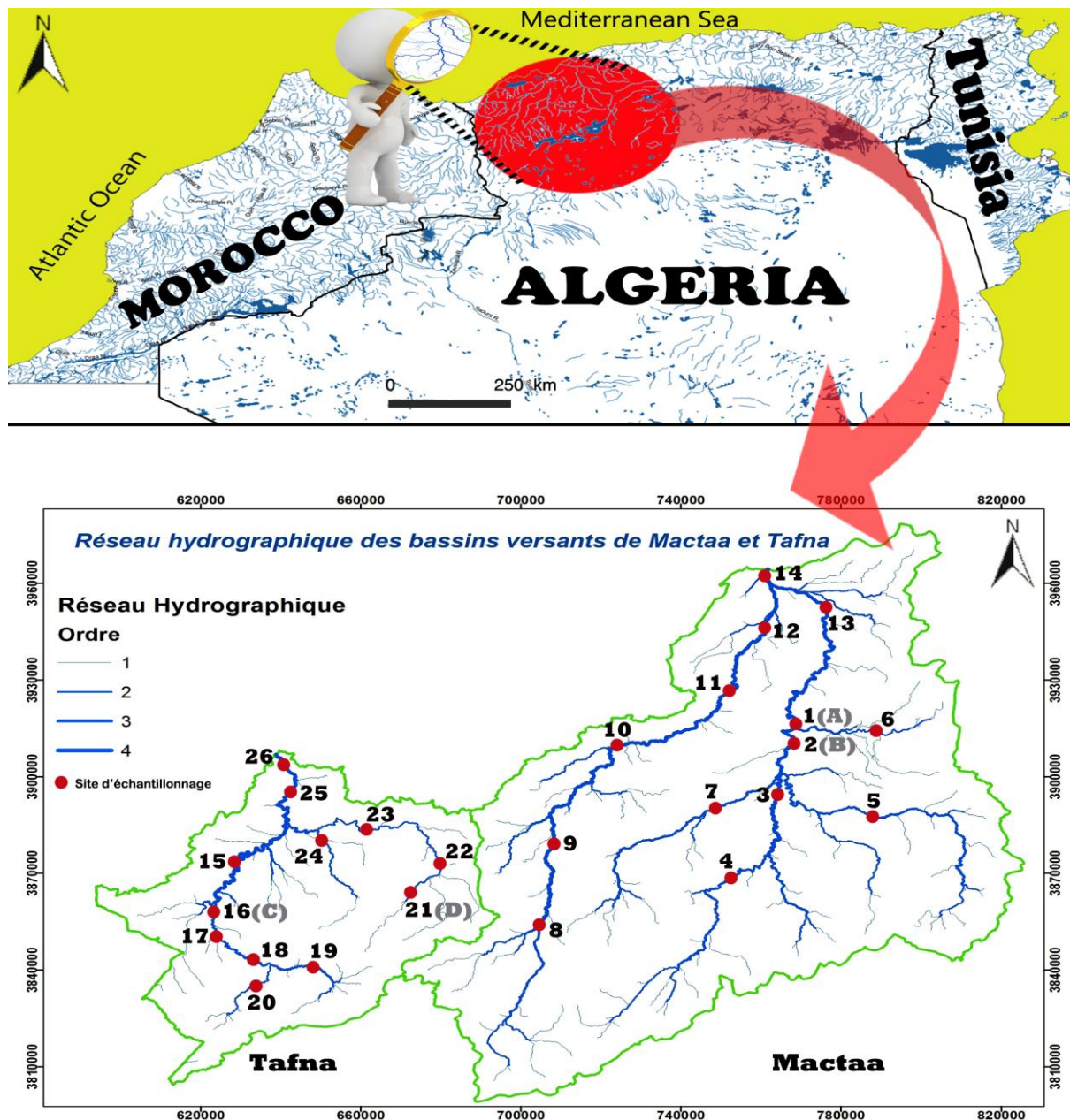


Figure 39 : Carte de répartition des échantillons.

Tout poisson adulte capturé dans les zones d'étude entre janvier 2017 et décembre 2019 (03 années) (Fig. 40) fait l'objet d'observations et de mesures citées ci-dessous à la fin desquelles, les nageoires dorsales et pectorales et les otholites ont été récupérées et stockées dans des sacs hermétiques pour un travail ultérieur.



Figure 40 : Image illustrant la biodiversité de la faune ichtyologique dans notre région d'étude.

6- Observations et mesures morphométriques

Dans notre étude de caractérisation biologique et génétique des poissons d'eau douce en Algérie, nous avons utilisé diverses techniques pour recueillir des données sur les spécimens. La première technique que nous avons employée a été l'utilisation de mesures morphométriques.

Nous avons mesuré les spécimens au millimètre près à l'aide d'un pied à coulisse électronique. De plus, nous avons pesé le poisson au 0,1 gramme près à l'aide d'une balance de précision. Nous avons aussi utilisé des outils de dissection spécifiques pour retirer l'otolithe du poisson pour une étude ultérieure plus approfondie de la biodiversité des poissons d'eau douce dans l'Ouest Algérien.

Ces méthodes de mesure des poissons nous ont permis de recueillir des données précises à utiliser dans nos recherches. En mesurant les longueurs (TL, SL, FL, DL, AL, PL, VL) et le poids total des poissons (**Tab. 3**), nous avons pu les comparer à d'autres spécimens et identifier précisément l'espèce. De plus, nous avons utilisé une caméra sous-marine pour explorer l'habitat naturel du poisson. La caméra a servi d'outil essentiel pour la bio-surveillance, nous permettant de repérer d'éventuelles espèces nouvelles ou inconnues.

Notre recherche sur la caractérisation biologique et génétique des poissons d'eau douce en Algérie a été une approche multidisciplinaire intégrant diverses techniques. L'utilisation de mesures morphométriques, l'extraction de l'otolithe et la caméra sous-marine ont tous été des outils essentiels qui ont contribué à notre étude. Ces méthodes nous ont fourni des données précises et nous ont permis de déterminer avec précision l'espèce de chaque spécimen. (**fig. 41**).



Figure 41 : Les différents équipements employés lors de notre étude dans les eaux continentales de l'Ouest Algérien.

(1 : Caméra sous-marine ; 2 : Kit de pêche (leurre, crochets d'appâts, hameçon) ; 3 : Pied à coulisse électronique ; 4 : Balance de précision (pour les petits spécimens ≤ 120 g) ; 5 : Outils de dissection ; 6 : Balance (pour les spécimens ≥ 120 g))

Les données morphométriques suivantes ont été prises du côté gauche du corps du poisson (**Fig. 42**) : longueur totale (TL), Longueur standard (SL), Longueur à la fourche (FL), Longueur de la nageoire dorsale (DL), Longueur de la nageoire anale (AL), Longueur de la nageoire pectorale (PL), Longueur de la nageoire ventrale (VL) et le poids total (Weight). (**Tab. 3**). Au total 8 paramètres quantitatifs ont été analysés lors de cette étude.

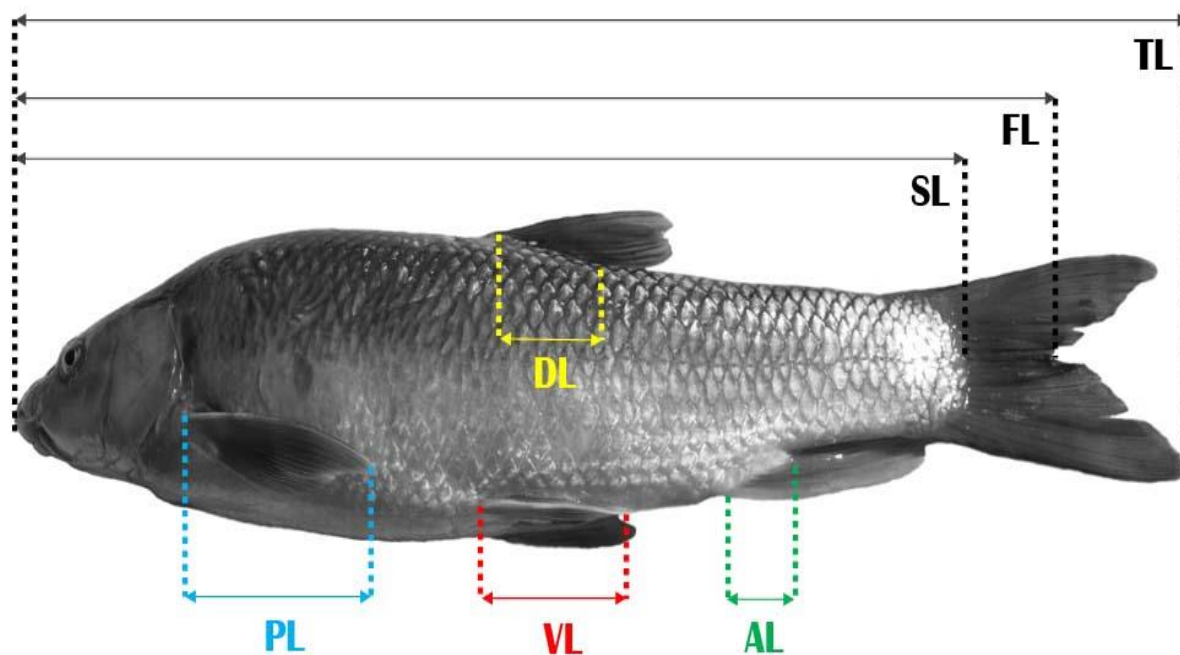


Figure 42 : les mesures morphométriques appliquées sur les poissons capturés

Tableau 3 : Descriptive des mesures morphométriques utilisées dans cette étude

N°	Acronym	Caractères
1	TL	La longueur mesurée à partir du bout du museau à la pointe du lobe long de la nageoire caudale
2	SL	La longueur mesurée à partir du bout du museau à l'extrémité postérieure de la dernière vertèbre ou à l'extrémité postérieure de la partie médio - latérale de la plaque hypural.
3	FL	La longueur mesurée à partir du bout du museau à la fourche de la nageoire caudale
4	DL	La longueur de la base de la nageoire dorsale
5	AL	La longueur de la base de la nageoire anale
6	PL	La longueur de la nageoire pectorale : longueur depuis l'articulation du premier rayon jusqu'à l'extrémité du plus long rayon
7	VL	La longueur de la nageoire ventrale : longueur depuis l'articulation du premier rayon jusqu'à l'extrémité du plus long rayon
8	Weight	Le poids total

6.1- Sex Ratio

À la fin des relevés morphométriques, et après dissection et examen à l'œil nu des gonades, le sexe de chaque poisson a été déterminé et seuls les individus sexuellement matures ont été utilisés pour l'analyse des données. Dans cette étude, nous avons adopté la définition du sex-ratio comme la proportion de mâles et femelles dans la population (Kartas & Quignard 1984).

$$SR = \frac{Nf}{Nf + Nm} \times 100$$

Où Nf = nombre des femelles

Nm = nombre des mâles

Le résultat est vérifié par un test statistique de conformité de type X² (Sokal et Rohlf, 1987).

6.2- Étude de la croissance

L'étude de la croissance a été réalisée sur la base de deux facteurs :

6.2.1- Facteur de condition (K)

La croissance peut être estimée par les changements en taille ou en biomasse dans un intervalle de temps déterminé. Elle correspond à la part d'énergie assimilée par l'organisme qui n'est pas utilisée pour la maintenance du métabolisme (Lévêque et Paugy, 2006).

Plusieurs espèces de poissons présentent des variations saisonnières de leurs compositions biochimique et énergétique associées à l'alimentation, la migration, la maturation et la ponte. La réserve énergétique des muscles est plutôt associée aux protéines, tandis que l'énergie contenue dans le foie est constituée essentiellement par des lipides. En absence d'analyses biochimiques plus précises, deux indices simples, le facteur de condition et le rapport hépato-somatique, peuvent fournir une estimation des variations saisonnières des réserves d'énergie. (Lambert & Dutil, 1997).

La relation entre les variations saisonnières de ces indices et d'autres paramètres, tels que le rapport gonado-somatique (RGS) et la proportion mensuelle des stades macroscopiques, peut aider à connaître le moment et la durée de la maturation des gonades, car à cette période les transferts d'énergie vers les gonades sont considérables (Htun-Han, 1978).

La détermination du facteur de condition (également appelé coefficient de condition, index pondéral, index de condition, condition d'embonpoint ou indice de nutrition) est faite à partir d'une relation poids-longueur ; les poissons les plus lourds, dans un intervalle de taille considéré, sont supposés être en meilleure condition ; c'est un indicateur de la « fitness » de la population (Bolger & Connolly, 1989). Il est notamment plus faible après la reproduction. Dans ce travail c'est le facteur de condition de Fulton (1904) qui a été retenu. Où :

$$K = \left(\frac{W}{L^3} \right) \times 100$$

K = facteur de condition

W = le poids du poisson éviscéré (g)

L = la longueur totale (g)

L'évolution mensuelle du coefficient de condition permet de déduire une stratégie dans l'utilisation des apports énergétiques. En effet, **K** est corrélé positivement à la densité de lipides. Ces derniers étant utilisés durant les périodes de jeûne, de reproduction et de maturation (Robinson *et al.* 2008).

Hureau (1970) précise que de nombreux facteurs agissent sur le coefficient de condition, tels que l'état de maturité sexuelle, la saison, le milieu, le sexe, l'âge et naturellement l'espèce.

6.2.2- Croissance relative (Relation longueur totale – poids)

C'est une relation mathématique qui lie le poids vif d'un poisson à sa longueur totale. En outre, elle permet de calculer le poids vif d'un poisson une fois sa longueur totale connue et vice versa (Hureau, 1970). Par ailleurs, elle permet aussi de déterminer la nature de croissance du poisson en question. Cette variation du poids vif en fonction de la longueur a été exprimée le plus souvent par l'équation :

$$Y = A + BX \text{ avec :}$$

Y : LogW

X : Log LT

À : Log a (ordonnée l'origine de la droite)

b (pente de la droite)

Y : LogW (variable indépendante)

X : Log LT (variable expliquée)

Une fois la relation établie, trois cas peuvent se présenter selon la valeur de b ou taux d'allométrie (Djemali, 2005) :

- Si $b = 3$, la croissance est dite de type isométrique et le poids vif évolue proportionnellement avec le cube de la longueur ;
- Si $b > 3$, la croissance est dite de type allométrique majorante et le poids vif augmente plus vite que le cube de la longueur ;
- Si $b < 3$, la croissance est dite de type allométrique minorante et le poids vif diminue plus vite que le cube de la longueur.

7- Étude de la biodiversité

- Indice de diversité Shannon-Weaver (H)

Les 08 caractères ont été assignés à des classes, et analysés à l'aide de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'; Shannon et Weaver, 1949) tel que défini par Jain *et al.* (1975) pour calculer la variation phénotypique de chaque population de poisson.

Pour les caractéristiques morphométriques des poissons pour faire l'indice de diversité, notre travail sur la diversité des poissons (indice de diversité de Shannon-Weaver) est original. Après avoir consulté beaucoup de données nous n'avons pas trouvé de travaux similaires.

Les travaux des auteurs Jain *et al.* (1975) ont été réalisés sur beaucoup d'espèces, c'est pourquoi nous les avons pris comme références.

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

Avec :

H = indice de diversité de Shannon et Weaver

P_i = Fréquence de chaque classe phénotypique i d'un caractère donné

n = Nombre de classes phénotypiques de chaque caractère

H a été normalisé en le convertissant en un indice relatif de diversité phénotypique (H') après l'avoir divisé par H_{\max} : $H_{\max} (\ln(n))$ pour obtenir des valeurs de 0 à 1.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver est un outil de mesure largement utilisé pour calculer la diversité d'une population donnée. Cet indice prend en compte à la fois le nombre d'espèces présentes ainsi que la régularité de leur répartition, offrant une vision globale de la biodiversité de la population. L'indice de Shannon-Weaver peut également être appliqué pour mesurer la diversité de divers groupes biologiques, y compris la morphologie des poissons.

Dans ce cas, l'indice mesure la variabilité des caractéristiques morphologiques parmi la population de poissons. Cette variabilité peut fournir des informations sur les facteurs génétiques et environnementaux affectant la population de poissons. Le calcul de l'indice de Shannon-Weaver pour la morphologie des poissons consiste à déterminer le nombre de caractéristiques morphologiques différentes présentes et leurs fréquences. Les composantes observées sont ensuite pondérées en fonction de leurs fréquences, et l'indice de diversité de Shannon-Weaver est calculé. Une valeur d'indice plus élevée indique une plus grande variabilité des caractéristiques morphologiques présentes dans la population. L'utilisation de l'indice de Shannon-Weaver dans l'étude de la diversité de la morphologie des poissons a plusieurs applications. Par exemple, l'indice peut être utilisé pour étudier les effets de facteurs environnementaux tels que la température de l'eau, le pH et la salinité sur la morphologie des poissons. De plus, l'indice peut être utilisé pour développer des stratégies de gestion des populations de poissons afin de préserver leur biodiversité. De plus, l'indice de Shannon-Weaver peut être utilisé pour comparer la diversité des caractéristiques morphologiques entre différentes populations de poissons et fournir des informations sur leurs relations taxonomiques.

Bien que l'indice de diversité de Shannon-Weaver puisse fournir une estimation de base de la diversité des traits morphologiques chez les poissons, il présente plusieurs limites qui doivent être prises en considération. Sa simplification excessive des données, l'incapacité à différencier les traits fonctionnels et non fonctionnels, le biais en faveur de la richesse en espèces, la dépendance à l'égard du plan d'échantillonnage et le manque d'informations phylogénétiques peuvent entraîner des résultats trompeurs ou inexacts. Par conséquent, il est important d'utiliser l'indice de diversité de Shannon-Weaver avec prudence lors de l'analyse de la morphologie des poissons et de le compléter avec d'autres méthodes d'analyse des données pour obtenir une compréhension plus complète de la population de poissons.

8- Méthodes statistiques

Lors de la réalisation de ce travail, l'analyse statistique a été effectuée à travers une large variété de packages et de scripts de la version 3.5.1 du logiciel R, parmi lesquels

l'analyse de variance (ANOVA) pour évaluer la variabilité des données collectées, FactoMineR pour l'analyse en composantes principales (ACP) en tant que modèle d'analyse multivariée afin de regrouper les individus homogènes avec les mensurations sélectionnées, et Factoextra pour la classification ascendante hiérarchique (CAH) basée sur les distances euclidiennes et la méthode des centroïdes pour classer les animaux et construire une typologie correcte consistant à identifier les individus selon leurs similarités.

Cela nous a permis d'identifier quelles variables présentaient des différences significatives entre les groupes, ce qui pourrait être utilisé pour les distinguer. De plus, l'ACP, via FactoMineR, a été utilisé pour résumer les différences significatives identifiées par l'ANOVA et créer de nouvelles variables (les principales composantes) pouvant expliquer la plupart des variations observées dans les données. Cette méthode de réduction des données nous a permis d'examiner quelles variables étaient liées les unes aux autres et quels groupes de variables formaient la structure sous-jacente de nos données.

De plus, CAH via FactoExtra a été utilisé pour classer les poissons et construire une typologie précise basée sur leurs similitudes. Cette méthode nous a permis de répartir nos données en groupes en fonction du degré de similitude entre leurs mesures. La distance entre les spécimens de poisson a été utilisée comme mesure de similarité, et les spécimens avec la distance la plus courte entre eux ont été placés dans le même groupe. Avec cette méthode, il a été possible d'identifier quels spécimens appartenaient à quel groupe, ce qui a facilité leur classification en fonction de leurs similitudes et de leurs différences.

Dans notre étude sur les poissons d'eau douce, nous avons également fait usage des statistiques descriptives. Les statistiques descriptives sont un outil essentiel dans la recherche scientifique, car elles nous permettent de résumer et de présenter les caractéristiques clés de notre échantillon de poissons. Nous avons utilisé des mesures de tendance centrale telles que la moyenne, la médiane et le mode pour analyser les principales propriétés quantitatives des poissons d'eau douce. La moyenne nous a donné une idée générale de la taille moyenne des poissons dans notre échantillon, tandis que la médiane nous a permis d'identifier la taille qui divise notre échantillon en deux parties égales. Le mode, quant à lui, nous a aidés à identifier la taille la plus fréquente parmi les poissons. En outre, nous avons utilisé des mesures de dispersion, comme l'écart type et l'étendue, pour évaluer la variabilité des données. L'écart type nous a donné une idée de la dispersion des tailles des poissons autour de la moyenne, tandis que l'étendue nous a permis de déterminer la différence entre la plus petite et la plus grande taille observée. L'utilisation des statistiques descriptives dans notre étude sur les

poissons d'eau douce nous a permis de résumer, analyser et interpréter les données de manière informative et efficace. Ces analyses nous ont aidés à obtenir une compréhension approfondie des principales caractéristiques des poissons étudiés et des relations entre ces caractéristiques.

Dans l'ensemble, l'utilisation de ces méthodes d'analyse statistique a aidé à créer une compréhension globale des données et a soutenu le développement d'une typologie précise.

Résultats

&

discussion

1- Résultats de pêche

Les sorties réalisées dans les milieux d'étude nous ont permis de repérer les zones de pêche les plus pertinentes. Il est intéressant de signaler que les premières constatations et les discussions avec les pêcheurs locaux nous ont permis de concentrer les efforts dans les zones de pêche les plus propices.

Lors de notre étude sur les 26 sites d'échantillonnage, il a été remarqué qu'il y avait une absence totale de poissons d'eau douce dans les sites numéros 5, 6, 8, 9, 19, 20 et 23, ce qui correspond à 26,92% de l'ensemble des sites observés (Fig. 43). Cette constatation démontre donc que dans près d'un quart des sites étudiés, aucune espèce de poisson d'eau douce n'a été répertoriée. Cela signifie que dans ces zones spécifiques, il n'y a aucune présence de poissons d'eau douce, ce qui peut avoir des conséquences importantes sur l'écosystème local. Cette observation nous invite à approfondir notre recherche pour comprendre les raisons de cette absence et pour évaluer les répercussions sur la biodiversité et la santé des écosystèmes aquatiques de ces sites.

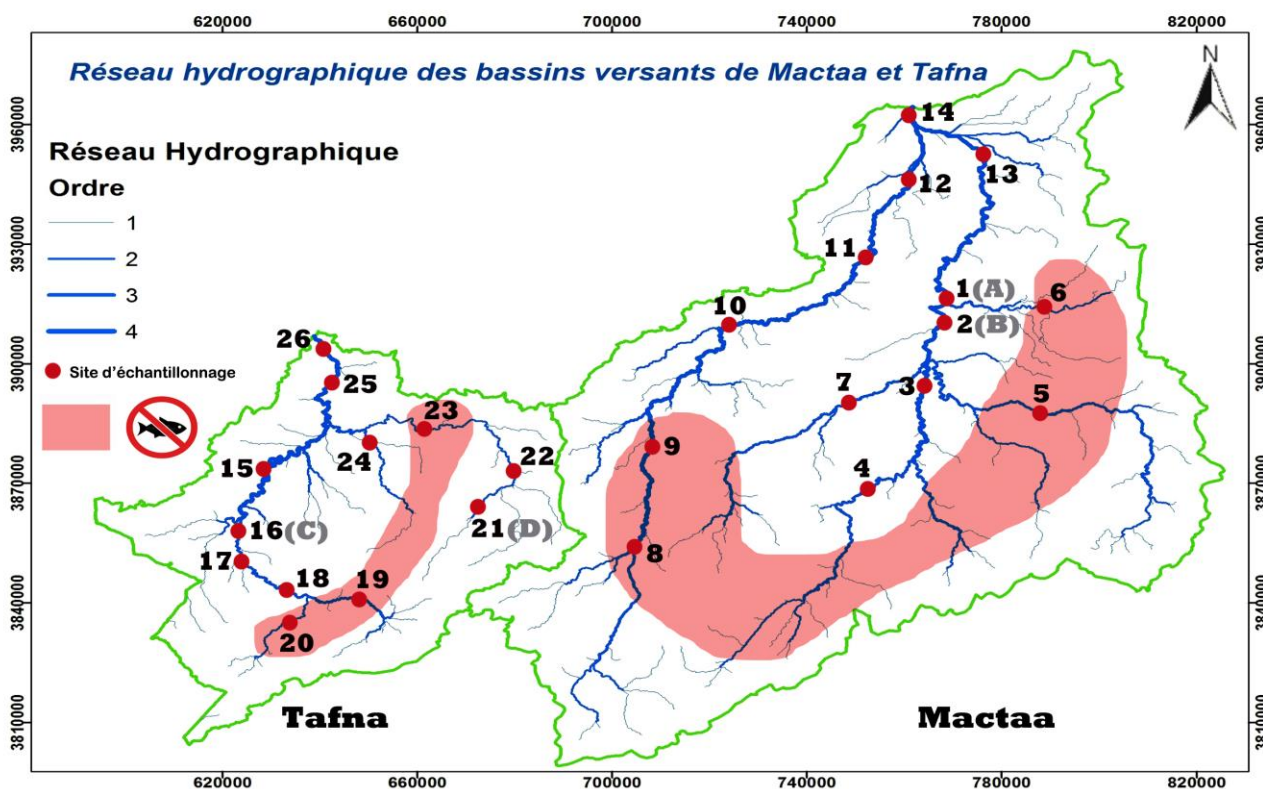


Figure 43 : Distribution spatiale des sites d'échantillonnages sans poissons.

Notre travail nous a permis de capturer un total de 592 spécimens entre novembre 2017 à septembre 2019, sur la totalité de la population de poissons capturés avoisinant les 600 spécimens, 13 espèces ont été identifiées grâce à une clé d'identification (**Tab. 4**).

Pour déterminer l'identité des poissons capturés, nous avons eu recours aux clés de détermination des familles, genres et espèces. Qui sont basées sur les critères morphologiques les plus évidents possibles et visent l'identification rapide des spécimens. Les critères énoncés sont visibles à l'œil sur le terrain.

Cette clé d'identification contient toutes les espèces d'eau douce actuellement connues. L'identification peut être réalisée en quelques étapes simples (Azeroual, 2003 ; Lévêque et Paugy, 1984 ; Desroches & Picard, 2010) :

- Les spécimens similaires sont présentés côte à côte pour faciliter la comparaison de certains critères et la distinction à l'aide d'un ensemble de caractéristiques.
- Il est possible d'observer certains critères et l'aspect général de nombreuses espèces.
- L'identification des poissons est possible selon plusieurs chemins, ce qui facilite la détermination de l'espèce lorsque certains critères sont moins évidents chez un spécimen.

Au-delà de l'identification des espèces, nos travaux ont également fourni des informations importantes sur la distribution de la taille et du poids de la population de poissons. Ces données peuvent être utilisées pour évaluer la santé de la population, ainsi que pour éclairer les décisions concernant la durabilité des pratiques de pêche dans la région. Dans l'ensemble, les travaux que nous avons menés au cours des trois années de prospection sur le terrain ont été essentiels pour comprendre et gérer les populations de poissons dans la région. Grâce à notre méthodologie rigoureuse et à une documentation minutieuse, nous avons été en mesure de capturer et d'identifier un nombre important de spécimens, fournissant des informations précieuses aux chercheurs, aux décideurs et aux autres parties prenantes. Alors que nous poursuivons nos travaux dans les années à venir, nous espérons tirer parti de ces conclusions et contribuer davantage à la gestion durable des pêches.

Le **tableau 4** présente les résultats des activités de pêche menées pendant trois années (2017-2019). Il inclut à la fois les espèces réellement capturées lors de notre travail et les espèces signalées lors de nos discussions avec les pêcheurs locaux. Sur cette liste, il y a 13 espèces, dont 09 sont introduites et 04 sont autochtones. Parmi elles, 11 ont été capturées et deux ont été fortement signalées par les pêcheurs locaux, mais n'ont pas été capturées par nous.

Tableau 4 : Liste des spécimens capturés

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Origine	Famille	Effectif	Lieu de capture
La Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	Introduite	Cyprinidae	135	B. Bouhanifia + B. Boughrara
La Carpe Miroir	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Introduite	Cyprinidae	6	B. Bouhanifia
Le Barbeau	<i>Luciobarbus mascarensis</i>	Autochtone	Cyprinidae	118	Oued El hammam
Le Barbeau	<i>Luciobarbus lanigarensis</i>	Autochtone	Cyprinidae	27	Oued Chouly + Oued Tafna
Le Carassin	<i>Carassius carassius</i>	Introduite	Cyprinidae	22	B. Bouhanifia
Le Black Bass	<i>Micropterus salmoides</i>	Introduite	Centrarchidae	52	B. Bouhanifia + B. Boughrara
La Mosquitofish	<i>Gambusia affinis</i>	Introduite	Poeciliidae	63	Oued Tafna
Le Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Introduite	Cyprinidae	8	B. Bouhanifia + Oued El hammam
La Brème	<i>Abramis brama</i>	Introduite	Cyprinidae	0	B. Bouhanifia (Signalée non capturer)
L'Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	Introduite	Cyprinidae	73	B. Bouhanifia
L'Anguille commune	<i>Anguilla anguilla</i>	Autochtone	Anguillidae	0	B. Boughrara (Signalée non capturer)
Le Barbeau	<i>Luciobarbus chelifensis</i>	Autochtone	Cyprinidae	58	Oued Chélif
Carpe prussienne	<i>Carassius gibelio</i>	Introduite	Cyprinidae	30	Oued Chélif

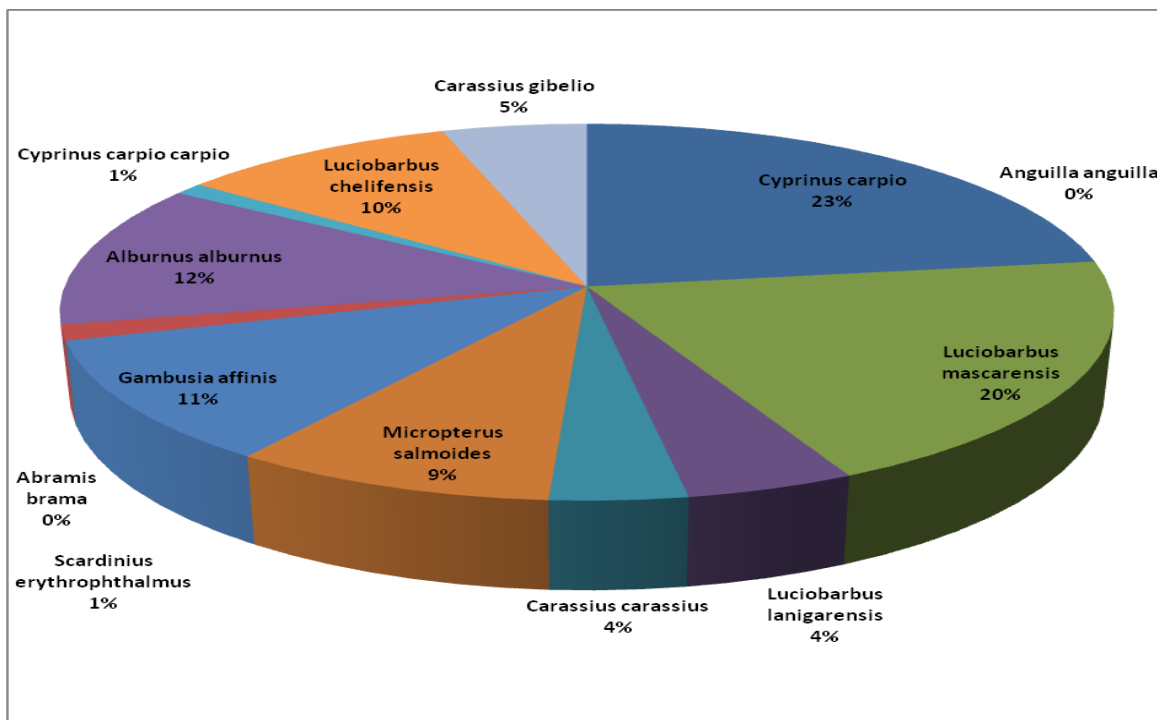


Figure 44 : Diagramme circulaire, représentant le nombre d'individus pêché par espèce (en pourcentage)

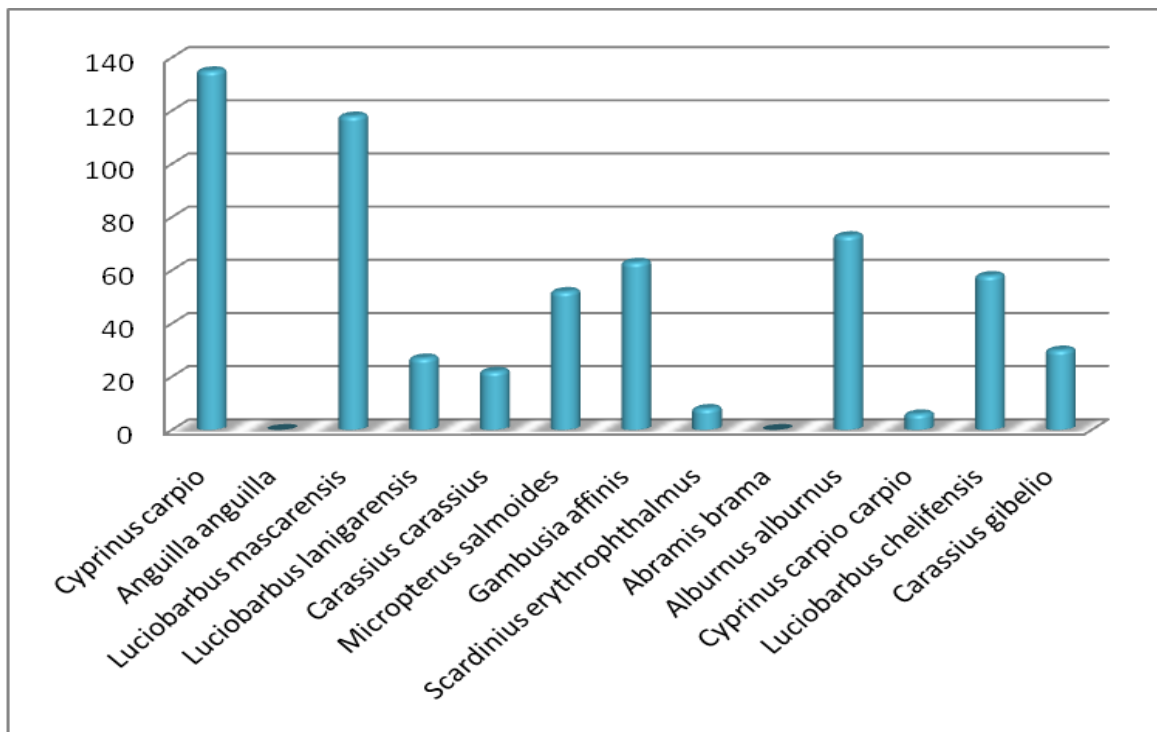


Figure 45 : Le nombre des spécimens capturés en fonction de l'espèce.

Le tableau montre également que l'effort de pêche varie selon les endroits et les espèces. Le barbeau et la carpe sont les espèces les plus abondantes dans cette zone d'étude (**Fig. 44, 45**), avec 203 spécimens (34%) pour le barbeau et 141 (23%) pour la carpe. D'après le tableau, le barbeau capturé pendant cette étude est une espèce autochtone qui se trouve habituellement dans les oueds et les rivières, tandis que la carpe est introduite et est plus abondante dans les barrages.

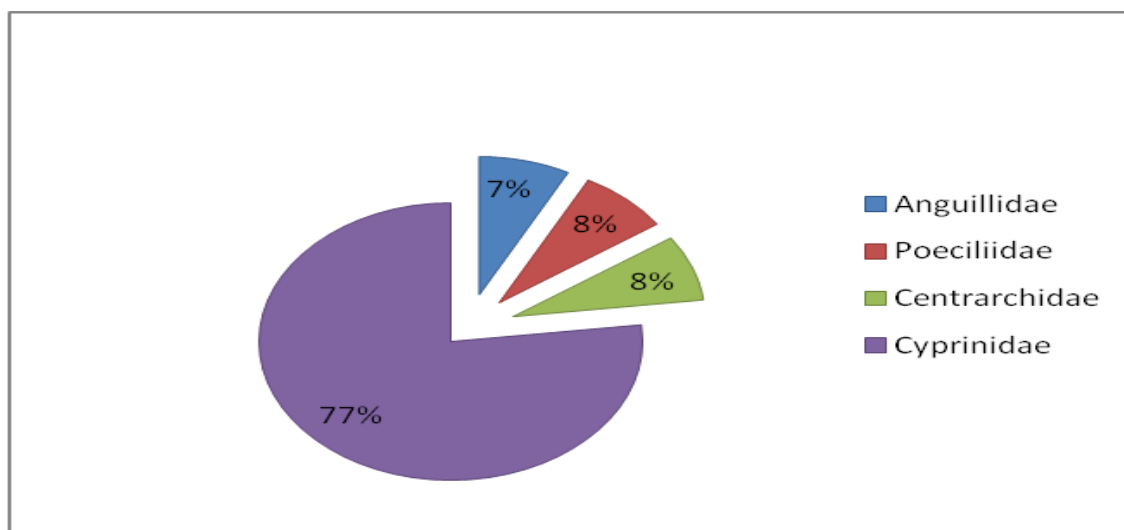


Figure 46 : La composition de l'ichtyofaune de nos sites d'étude (en pourcentage).

En ce qui concerne la diversité et la richesse spécifique, la composition de l'ichtyofaune de nos sites d'étude montre que la famille des Cyprinidés est largement répandue (77%) (**Fig. 46**), principalement dominée par des espèces de barbeaux autochtones et des espèces de carpe introduite. En comparaison avec la région centrale européenne, la diversité comprend un grand nombre de genres ayant une distribution holarctique (*Salmo*, *Coregonus*, *Salvelinus*, *Esox*, *Lota*, *Cottus*), d'autres ayant une distribution paléarctique (*Phoxinus*, *Gobio*, *Barbatula*, *Cobitis*) ou partagée entre l'Europe et l'Asie orientale (*Cyprinus*, *Carassius*, *Tinca*, *Leuciscus*, *Perca*), ainsi qu'une part importante strictement européenne (*Abramis*, *Aspius*, *Blicca*, *Leucaspis*, *Sander*, ...) (Keith *et al.*, 2011). En dehors des poissons récemment introduits, les rivières du nord Ouest Algérien abritent une variété de genres autochtones de la région méditerranéenne (*Aphanius*, *Luciobarbus*)

Le fort endémisme de la faune ichtyologique ainsi que certaines populations d'espèces à aire de répartition limitée et d'autres à large répartition, mais occupant des systèmes et des bassins isolés pourraient être causées par un isolement géographique prolongé. De plus, les

conditions écologiques et le stress abiotique influencent largement la structure hydrographique des bassins. Plusieurs auteurs ont suggéré que la composition des communautés ichthyologiques est fortement liée aux variables environnementales (Bianco, 1990 ; Hugueny *et al.*, 2010 ; Keith *et al.*, 2011). Il convient également de noter que lors de nos sorties sur le terrain, nous avons remarqué que la pollution affecte la majorité des zones de distribution de la faune ichthyologique algérienne. Cela est en partie dû au non-respect du protocole de purification des eaux industrielles et domestiques (**Fig. 47**).



Figure 47 : Illustration visuelle de l'impact de la pollution dans notre zone d'étude (Oued Tafna : 34°47'46.1"N 1°38'50.4"W). (Benali *et al.*, 2021)

En outre, l'histoire géologique et les conséquences de la crise messénienne il y a environ 5,5 millions d'années ont grandement contribué à la diversification des populations de barbeaux en Afrique du Nord, en particulier les *Luciobarbus* (Tsigenopoulos *et al.*, 2003).

Cette spéciation est probablement due à une rapide radiation des populations ou de lignées issues d'un ancêtre commun (Durand *et al.*, 2002). Les glaciations du Quaternaire ont également eu un impact significatif en favorisant la fragmentation des habitats (oueds) et l'isolement de populations, qui ont ensuite évolué de manière indépendante pour devenir des espèces distinctes. Bien que l'effet de ces variations climatiques sur la diversité génétique des espèces soit bien documenté dans les climats tempérés (Hewitt, 1999 ; Hewitt, 2000 ; Deffontaine *et al.*, 2005), l'impact des périodes glaciaires du Quaternaire sur la variété des espèces dans les écosystèmes nord-africains, qui comprennent notre zone de recherche, demeure encore obscure.

D'après notre échantillon, nous avons remarqué aussi une prédominance des espèces introduites (69%) par rapport aux espèces autochtones (31%). Cette situation suscite de nombreuses objections qui nécessitent une analyse approfondie (**Fig. 48**).

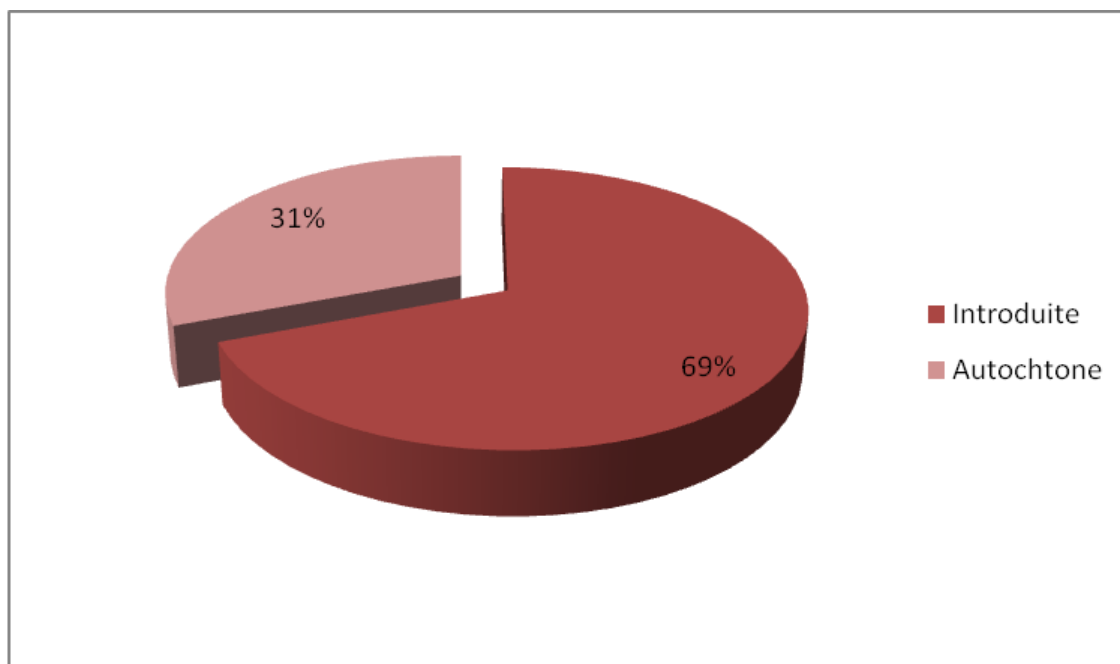


Figure 48 : Pourcentage des espèces introduites et autochtones.

La première objection à cette situation est l'impact de la présence massive des espèces introduites sur l'écosystème aquatique. En effet, ces espèces peuvent être porteuses de

maladies ou de parasites qui peuvent être transmis à d'autres espèces présentes dans l'environnement. De plus, elles peuvent proliférer rapidement et concurrencer les espèces autochtones pour les ressources alimentaires, ce qui peut entraîner leur extinction.

La deuxième objection est liée à l'origine des espèces introduites. La majorité de ces espèces sont originaires d'autres régions du monde, ce qui soulève la question de leur adaptation aux conditions climatiques et environnementales de l'Algérie. Il est important de noter que les espèces autochtones ont évolué dans cet environnement depuis des milliers d'années, ce qui leur confère une meilleure résilience aux conditions locales, contrairement aux espèces introduites.

La troisième objection concerne les raisons pour lesquelles les espèces introduites ont été importées en Algérie. Dans certains cas, cela peut être dû à des raisons économiques, comme l'exploitation commerciale de ces espèces pour la pêche ou l'aquaculture. Cependant, cela peut entraîner des conséquences négatives sur les écosystèmes locaux. Il est donc important de réglementer ces activités pour minimiser l'impact sur l'environnement.

Enfin, la quatrième objection concerne les politiques de gestion des espèces introduites en Algérie. Il est crucial d'établir des protocoles de gestion et de suivi pour détecter rapidement les éventuels impacts négatifs des espèces introduites sur l'environnement et de mettre en place des mesures pour les minimiser. Il faut également favoriser la conservation des espèces autochtones, qui peuvent jouer un rôle important dans l'équilibre écologique.

En conclusion, la prédominance des espèces introduites par rapport aux espèces autochtones dans notre échantillon de poissons d'eau douce est une situation qui nécessite une attention particulière. Les objections soulevées soulignent l'importance de prendre en compte tous les facteurs qui peuvent influencer l'écosystème lors de l'introduction de nouvelles espèces pour minimiser les impacts négatifs sur la biodiversité et l'écologie locale.

2- Espèces de poissons rencontrées lors de cet inventaire

En matière d'écologie, un inventaire se définit comme une "compilation de données quantitatives et qualitatives, ainsi que de mesures normalisées, collectées pendant une période limitée" (Hellawell, 1991). Selon Finlayson (1996), cet exercice est effectué "sans idées préconçues quant aux résultats obtenus". De manière similaire, Lhonore (2000) propose une définition qui se rapproche de celle-ci : "une collecte exhaustive de données taxonomiques dans une zone géographique donnée et sur une période de temps limitée". En somme, un inventaire implique une collecte de données planifiée.

Que ce soit un cours d'eau, une rivière ou une étendue d'eau telle qu'un lac, les conditions environnementales sont rarement les mêmes. Dans un cours d'eau, par exemple, la largeur, la profondeur, la composition du fond et la vitesse du courant varient d'un endroit à l'autre, ce qui entraîne des différences significatives entre les observations qui y sont effectuées.

Sur la biodiversité de notre milieu d'étude, voici donc les différentes variétés de poissons observées lors de cet inventaire (**Fig. 49-61**) :

2.1- *Cyprinus carpio* :

La Carpe commune

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	<i>Cyprinus</i>

Taxonomie :

Espèce : *Cyprinus carpio*

(Linnaeus, 1758)

Origine	Chine (bassin de l'Amour)
Longueur	Jusqu'à 1.20 m
Poids	Jusqu'à 37 kg
Caryotype	2n = 100
Espérance de vie	20 ans
Description	Le corps est allongé trapu, peu comprimé latéralement (Fig 06) est entièrement recouvert d'écailles, 33 à 40 grandes écailles étant réparties le long de la ligne latérale (Terofal, 1987). La bouche est terminale et protractile, avec 4 barbillons (2 longs et 2 courts) sur la lèvre supérieure (Terofal, 1987). Elle ne possède pas de dents buccales, mais des dents pharyngiennes. La nageoire dorsale est longue et tronquée, dépourvue de rayons épineux, la nageoire caudale est bien échancrée.
Répartition	Monde entier
Reproduction	Mai à juillet ; œufs: 200 000 à 300 000/ kg (selon la température de l'eau)
Nutrition	Les jeunes : Zooplancton & Phytoplancton ; Adulte : omnivore (notamment de débris végétaux)
Statut	Introduite (période : de 1858 à 1924)

Figure 49 : *Cyprinus carpio*
[barrage Bouhanifia]
35°17'05.4"N 0°05'06.2"W



2.2- *Cyprinus carpio carpio* :

La Carpe miroir

sous-espèce de la carpe commune

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	Cyprinus

Espèce : *Cyprinus carpio carpio*
(Linnaeus, 1758)

Origine	Chine (bassin de l'Amour)
Longueur	Jusqu'à 1.20 m
Poids	Jusqu'à 37 kg
Caryotype	2n = 100
Espérance de vie	20 ans
Description	Le corps est allongé, parfois bossu avec une écaillure incomplète. Son dos est brun foncé et les flancs jaunâtres et dorés avec une très longue nageoire dorsale. Le corps est en partie à nu avec une peau qui ressemble à du cuir et en partie munie de grosses écailles le long du corps.
Répartition	Monde entier
Reproduction	Mai à juillet ; œufs: 200 000 à 300 000/ kg (selon la température de l'eau)
Nutrition	Les jeunes : Zooplancton & Phytoplancton ; Adulte : omnivore (notamment de débris végétaux)
Statut	Introduite (période : de 1858 à 1924)

Figure 50 : *Cyprinus carpio carpio*
[barrage Bouhanifia]
35°17'05.4"N 0°05'06.2"W



2.3- *Carassius carassius* :**Le Carassin**

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	<i>Carassius</i>

Espèce : *Carassius carassius*

(Linnaeus, 1758)

Origine	Europe & Asie
Longueur	15 à 35 cm (Max : 50 cm)
Poids	300 à 500 g (Max : 1 kg)
Caryotype	2n = 100
Espérance de vie	Peut dépasser 10 ans
Description	L'aspect général est ovoïdal, trapu et latéralement compressé. Le dos protubérant lui confère un corps haut. La tête, petite et conique, ne dispose pas de barbillons. Les nageoires pectorales et ventrales ainsi que l'anale sont légèrement arrondies et ont une couleur rougeâtre. La nageoire dorsale se caractérise par une ligne convexe.
Répartition	De l'Angleterre à la Russie orientale, Afrique (introduction)
Reproduction	Mai/juin ; œufs: 150 000 à 300 000
Nutrition	Plantes aquatiques et petits animaux benthiques
Statut	Introduite (période : de 1858 à 1924)

Figure 51 : *Carassius carassius*
[barrage Bouhanifia]

35°17'33.9"N 0°03'39.0"W



2.4- Scardinius erythrophthalmus :

Le Rotengle

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	Scardinius

Espèce : *Scardinius erythrophthalmus*

(Linnaeus, 1758)

Origine	Europe & Asie
Longueur	20 à 30 cm (Max : 45 cm)
Poids	300 à 1 kg
Caryotype	?
Espérance de vie	Environ 17 ans
Description	Il ressemble beaucoup au gardon, son corps est massif, aplatis latéralement. Le dos du rotengle est bleu gris, le ventre blanc et les flancs en dégradé de ces deux couleurs. Les nageoires sont beaucoup plus rouges, notamment les ventrales, l'anale et la queue.
Répartition	toute l'Europe, sauf en Espagne, en Ecosse et dans le Nord de la Scandinavie
Reproduction	Mai/juillet ; œufs: 100 000 à 200 000
Nutrition	Surtout des plantes, mais aussi la faune du fond des eaux
Statut	1951

Figure 52 : *Scardinius erythrophthalmus*
[barrage Bouhanifia]
35°17'33.9"N 0°03'39.0"W



2.5- *Carassius gibelio* :**La carpe prussienne**

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	<i>Carassius</i>

Espèce : *Carassius gibelio**(Bloch, 1782)*

Origine	Europe
Longueur	Max : 50 cm
Poids	Max: 3500 g
Caryotype	2n = 100
Espérance de vie	Environ 10 ans
Description	Le carassin argenté, également appelé carpe de Prusse (nom scientifique : <i>Carassius gibelio</i>) est un poisson à nageoires rayonnées, qui vit dans les eaux douces d'Europe. C'est un très proche cousin du carassin commun et du carassin doré (l'espèce qui est à l'origine du poisson rouge domestique), avec lesquels il peut parfois s'hybrider. On les classe tous les trois dans le genre <i>Carassius</i> .
Répartition	Toute l'Europe, Russie
Reproduction	Mai/juillet ; œufs: 300 000
Nutrition	Plantes, invertébrés
Statut	Introduit : 1942

Figure 53 : *Carassius gibelio*
[barrage Bouhanifia]

35°17'32.5"N 0°03'39.1"W



2.6- *luciobarbus mascarensis* :**Le barbeau de Mascara**

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	Luciobarbus

Espèce : *luciobarbus mascarensis*
(*Brahimi, Freyhof, Henrard & Libois., 2017*)

Origine	Algérie (bassin Macta)
Longueur	Max : 50 cm
Poids	Jusqu'à 1 kg
Caryotype	?
Espérance de vie	Max : 9 à 10 ans
Description	Luciobarbus mascarensis tire son nom de la région de Mascara dans l'ouest de l'Algérie, nom au génitif, indéclinable. Espèce de taille moyenne et robuste, avec une tête moyennement longue arrondie, aplatie sur la surface ventrale. Museau émoussé. Bouche inférieure. Profil dorsal avec une discontinuité bien marquée entre la tête et le dos, une nageoire anale plus longue et plus large un pédoncule caudal court et plus large que celui des autres espèces de barbeau
Répartition	Algérie (bassin Macta)
Reproduction	Printemps/ début de l'été ; œufs: 5000
Nutrition	Omnivore
Statut	Autochtone

Figure 54 : *Luciobarbus mascarensis*
[barrage Bouhanifia]

35°17'33.9"N 0°03'39.0"W



2.7- *luciobarbus chelifensis* :

Le barbeau de Chelif

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	Cyprinidae

Espèce : *luciobarbus chelifensis*
 (Brahimi, Freyhof, Henrard & Libois., 2017)

Origine	Algérie (bassin Chelif)
Longueur	Max : 50 cm
Poids	Jusqu'à 1 kg
Caryotype	?
Espérance de vie	Max : 9 à 10 ans
Description	Tire son nom de la rivière de Chélif. Nom au génitif, indéclinable. Espèce de taille moyenne et robuste, avec une tête moyennement longue arrondie, aplatie sur la surface ventrale. Museau émoussé. Bouche inférieure. Profil dorsal avec une discontinuité bien marquée entre la tête et le dos, une nageoire anale plus longue et plus large un pédoncule caudal court et plus large que celui des autres espèces de barbeau
Répartition	Algérie (bassin Chelif)
Reproduction	Printemps/ début de l'été ; œufs: 5000
Nutrition	Omnivore
Statut	Autochtone

Figure 55 : *Luciobarbus chelifensis*
 [Oued Chelif]
 36°01'19.3"N 0°13'41.3"E



2.8- *luciobarbus lanigarensis* :**Le barbeau de Tafna**

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	Rutilus

Espèce : *luciobarbus lanigarensis*
(*Brahimi, Freyhof, Henrard & Libois., 2018*)

Origine	Algérie (bassin Tafna)
Longueur	Max : 50 cm
Poids	Jusqu'à 1 kg
Caryotype	?
Espérance de vie	Max : 9 à 10 ans
Description	Tire son nom de Lanigar, l'ancien nom de Ouejda ou il était découvert. Espèce de taille moyenne et robuste, avec une tête moyennement longue arrondie, aplatie sur la surface ventrale. Museau émoussé. Bouche inférieure. Profil dorsal avec une discontinuité bien marquée entre la tête et le dos, une nageoire anale plus longue et plus large un pédoncule caudal court et plus large que celui des autres espèces de barbeau
Répartition	Algérie (bassin Tafna)
Reproduction	Printemps/ début de l'été ; œufs: 5000
Nutrition	Omnivore
Statut	Autochtone

Figure 56 : *Luciobarbus lanigarensis*
[Oued Tafna]

34°43'53.9"N 1°34'13.0"W



2.9- *Gambusia affinis* :

Le Mosquitofish

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Poeciliidae
Genre	Gambusia

Espèce : *Gambusia affinis*

(Baird and Girard, 1853)



Figure 57 : *Gambusia affinis*
[Oued Tafna]

34°49'02.8"N 1°38'59.1"W

Origine	Amérique du Nord (Floride)
Longueur	4 à 6 cm
Poids	1 à 2 g
Caryotype	2n = 48 (le plus couramment observé)
Espérance de vie	Jusqu'à 3 ans (dans la nature)
Description	La gambusie (<i>Gambusia affinis</i>), aussi appelée « guppy sauvage », est une espèce de poissons téléostéens, cyprinodontiformes de la famille des Poeciliidae et donc cousine d'une espèce plus connue le guppy. Elle a notamment été utilisée dans la lutte contre les moustiques (notamment en Corse et dans le sud de la France) pour lutter contre le paludisme, mais peut elle-même pâtir des pulvérisations d'insecticides chimiques (ex : diflubenzuron) destinés à la démoustication, et - comme le Guppy - interférer négativement avec les écosystèmes locaux et les espèces autochtones : c'est pourquoi elle est classée parmi les espèces invasives les plus nuisibles au XXI ^e siècle.
Répartition	Amérique du Nord, Amérique centrale, Amérique du Sud, Europe, Afrique, Asie, Australie, nouvelle Zélande
Reproduction	Ovipare, vivipare : les femelles étant capables de produire plusieurs couvées tout au long de la saison de reproduction (environ 100 par couvée).
Nutrition	Carnivore, omnivore et planctophage
Statut	Introduit : année inconnue ? (probablement 18 ^e siècle)

2.10- *Micropterus salmoides* :**Le Black basse**

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Perciformes
Sous-ordre	Percoidei
Famille	Centrarchidae
Genre	<i>Micropterus</i>

Espèce : *Micropterus salmoides*
(Linnaeus, 1758)



Origine	Amérique du Nord (bassin du Mississippi)
Longueur	Jusqu'à 60 cm
Poids	Jusqu'à 5 kg
Caryotype	2n = 48
Espérance de vie	De 8 à 16 ans
Description	Un poisson modérément grand et robuste. Sa tête est forte. Sa bouche terminale est grande, large et oblique. La mâchoire inférieure est légèrement proéminente. La mâchoire supérieure se prolonge jusqu'en arrière de l'œil. Les nageoires pelviennes sont courtes, arrondies et sont dotées d'une épine et de cinq rayons mous. Les nageoires pectorales sont plutôt courtes, larges. La présence d'une bande latérale noire uniforme et large qui se prolonge parfois sur l'opercule et l'œil jusque sur le museau.
Répartition	Amérique, Europe, Afrique, Asie
Reproduction	Mars à mai ; œufs: 10 000
Nutrition	Carnassier : petits poissons, écrevisses, insectes
Statut	Introduit : entre 1960 à 1970

Figure 58 : *Micropterus salmoides*
[barrage Boughrara]

34°49'49.7"N 1°39'06.0"W

2.11- *Alburnus alburnus* :**L' Albette**

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	Alburnus

Espèce : *Alburnus alburnus*
(Linnaeus, 1758)



Figure 59 : *Alburnus alburnus*
[barrage Bouhanifia]

35°17'18.9"N 0°04'59.2"W

Origine	Europe & Asie occidentale
Longueur	8 à 18 cm
Poids	10 à 50 g
Caryotype	2n = 48
Espérance de vie	3 à 6 ans
Description	Petit poisson doté d'un corps fusiforme et très comprimé latéralement, sa tête qui est petite avec des yeux assez gros. Sa mâchoire supérieure est plus courte que sa mâchoire inférieure sa bouche, assez grande, est donc orientée vers le haut pour happer la nourriture en surface. La ligne latérale s'infléchit vers le bas jusqu'à la base de sa queue allongée et fortement échancrée ayant 45-48 petites écailles. La nageoire dorsale s'insère à plus de la moitié du corps ayant 2-4 épines et 7-9 rayons. La nageoire anale porte 3 épines et 14-20 rayons. La nageoire caudale porte 19 rayons. La coloration argentée, brillante, le dos est gris-bleu et les nageoires sont grisées.
Répartition	Europe, Asie, Afrique
Reproduction	Mars
Nutrition	Invertébrés, crustacés, mollusques
Statut	Introduit : 20 ^e siècle

2.12- *Abramis brama* :**La brème**

Taxonomie :

Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Cypriniformes
Super-famille	Cyprinoidea
Famille	Cyprinidae
Genre	<i>Abramis</i>

Espèce : *Abramis brama* (**Linnaeus, 1758**)

Origine	Europe
Longueur	30 à 50 cm
Poids	0,5 à 5 kg
Caryotype	2n = 50
Espérance de vie	Jusqu'à 25 ans
Description	Il est communément connu sous le nom de dorade commune et fait partie de la famille des Cyprinidae. La brème commune se caractérise par son corps profond et comprimé et sa coloration gris argenté. Il a de grandes écailles et nageoires, et une tête légèrement concave. Il est connu pour son corps profond et comprimé et sa coloration gris argenté.
Répartition	Europe, Asie occidentale, Asie, Afrique
Reproduction	Mars/juillet ; œufs: 150 000 à 250 000
Nutrition	Surtout herbivore
Statut	Introduit : fin du 19 ^e siècle

Figure 60 : *Abramis brama*
[Signalé/non pêcher]



2.13- *Anguilla anguilla* :

L'anguille commune

Taxonomie :

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

Espèce : *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)



Figure 61 : *Anguilla anguilla*
[Signalé/non pêcher]

Origine	Europe
Longueur	Max : 1,5 m
Poids	3 à 5 kg
Caryotype	2n = 38
Espérance de vie	Entre 10 et 20 ans
Description	<p><i>Anguilla anguilla</i>, communément appelée anguille européenne, est une espèce d'anguille que l'on peut trouver dans les eaux douces de l'Algérie. Cette espèce d'anguille a un corps long et élancé qui peut atteindre une longueur de 1,5 mètre. a une apparence particulière. Le corps de l'anguille est recouvert de mucus, il a une forme de serpent qui lui permet de se déplacer en douceur dans l'eau. La couleur de l'anguille varie du vert brunâtre au vert jaune sur le dessus et d'un jaune pâle ou blanc sur le dessous. Ils ont une large gamme de distribution, allant de l'Afrique du Nord à la Scandinavie, avec une présence dans la plupart des pays européens.</p>
Répartition	Toute l'Europe, l'Amérique du Nord, Afrique du Nord
Reproduction	<p>Les anguilles ont un mode de reproduction unique, car elles fraient dans la mer des Sargasses dans l'océan Atlantique. Après éclosion, les larves migrent vers les côtes européennes, où elles se transforment en civelle transparente. Ils se dirigent ensuite vers les rivières et les systèmes d'eau douce, où ils peuvent rester jusqu'à 20 ans avant de retourner dans l'océan pour frayer.</p>
Nutrition	Carnivores et se nourrissent principalement de petits poissons, de crustacés et de mollusques
Statut	Autochtone

3- Étude morphométrique

Les résultats des mesures effectuées sur un échantillon total de 81 spécimens de barbeaux sont représentés sur le tableau 5. Ces résultats montrent une variabilité entre les poissons de la même espèce entre les deux environnements de pêche (naturelle et artificielle). Dans ce sens l'analyse de variance (ANOVA) montrent que les mesures morphométriques sont significativement à hautement significativement différentes ($p < 0,05$) pour l'espèce *Luciobarbus mascarensis* sauf pour le poids pour lequel il semble que les variances sont égales. Alors que pour l'espèce *Luciobarbus lanigarensis*, les variations affichaient des différences hautement significatives à très hautement significatives ($p < 0,05$) pour les huit paramètres morphométriques.

Tableau 5 : Overall des mesures morphométriques

Traits	Mean	Median	Variance	Min	Max	Std. Error	F. stat 1	P-value 1	Sig.	F. stat 2	P-value 2	Sig.
TL	25,5	24,4	56,58	10,2	51,2	0,83	5,625	0,021	*	56,895	,000	***
SL	21,59	20,6	43,11	8,2	44	0,72	8,7	0,005	**	53,375	,000	***
FL	23,34	22,5	48,92	9,5	47,2	0,77	8,55	0,005	**	57,465	,000	***
DL	2,97	2,8	1,27	0,7	6,1	0,12	6,162	0,016	*	69,562	,000	***
AL	1,74	1,6	0,52	0,32	4,2	0,08	6,09	0,017	*	58,664	,000	***
PL	5,39	5,6	1,98	1,6	8,6	0,15	7,418	0,009	**	47,362	,000	***
VL	3,65	3,5	1,05	1,3	6,5	0,11	7,439	0,009	**	66,988	,000	***
Poids	238,74	166	55216,19	10	1770	26,1	3,675	0,061		13,705	0,001	**

1 : *Luciobarbus mascarensis* (site A + site B)

2 : *Luciobarbus lanigarensis* (site C + site D)

Des études ont montré que les caractères morphométriques décrivant les variations intra-spécifiques sont souvent influencés par plusieurs facteurs (Murta AG, 2000) (Verep B. *et al* ; 2006). Les caractères morphométriques dans notre étude ont montré une plasticité, et cela pourrait être lié à des changements d'habitat et de nourriture tout au long de la vie du poisson.

Le tableau 6 montre les valeurs moyennes des caractéristiques morphométriques déterminées au cours de notre étude. Les valeurs de tous les paramètres morphométriques externes étaient les plus élevées dans la population du barrage Boughrara suivie de la rivière El-hammam et le barrage de Bouhanifia tandis que pour la population de la rivière Chouly les mesures morphométriques sont les plus faibles. La moyenne de la longueur totale (TL) et la moyenne du poids total (Weight), par exemple, du barrage Boughrara étaient les plus importantes des quatre populations (33.03 ± 2.02 cm et 474.46 ± 116.76 g respectivement) tandis que ceux de la rivière Chouly étaient les plus petits (15.44 ± 1.23 cm et 55.55 ± 13.01 respectivement). Toutes les autres caractéristiques morphométriques mesurées variaient de la même manière entre les quatre populations.

Il est intéressant de noter que les différences de profondeur d'eau entre les deux sites (A et D) pourraient contribuer à la variation de la morphologie des espèces étudiées. La profondeur d'eau est liée au volume d'eau, ce qui influence la vitesse et le débit du fleuve. Les poissons vivant dans des eaux à fort volume, comme la rivière El-hammam (site A) dans cette étude, ont tendance à être plus gros que ceux des eaux à faible volume, comme l'Oued Chouly (site D). Murta AG. en 2000 suggère que cette différence de taille des poissons peut être un mécanisme adaptatif pour faciliter leur mouvement, leur alimentation et même leur défense contre les prédateurs, car les plans d'eau plus grands offrent une plus grande diversité d'organismes interdépendants.

Tableau 6 : Statistique descriptive par site d'étude

Traits	El-hammam River (Site A)		Bouhanifia Dam (Site B)		Boughrara Dam (Site C)		Chouly River (Site D)	
	Min-Max	Mean±S.D.	Min-Max	Mean±S.D.	Min-Max	Mean±S.D.	Min-Max	Mean±S.D.
	N=30		N=24		N=13		N=14	
TL	20,4-41,1	27,73±0,98	17,4-34,2	24,51±0,88	24,3-51,2	33,03±2,02	10,2-22,5	15,44±1,23
SL	17,1-35,4	23,77±0,87	14,5-29,2	20,32±0,72	20,5-44	28,17±1,78	8,2-19,9	13,01±1,12
FL	18,7-37,9	25,69±0,91	15,4-31	22,07±0,77	22,4-47,2	30,35±1,88	9,5-20,8	13,98±1,13
DL	2,2-5,4	3,35±0,15	1,7-4,2	2,8±0,14	2,6-6,1	4,05±0,26	0,7-2,4	1,46±0,16
AL	1,1-3,3	1,96±0,1	0,7-2,4	1,6±0,09	1,5-4,2	2,46±0,19	0,32-1,4	0,85±0,09
PL	5,2-7,4	5,93±0,1	4-6,6	5,49±0,12	5,4-8,6	6,45±0,23	1,6-5,4	3,06±0,42
VL	3,1-5,5	4,02±0,11	2,1-4,6	3,54±0,12	3,5-6,5	4,62±0,21	1,3-3,5	2,15±0,21
WEIGHT	79-693	261,73±28,83	64,9-460	189,2±22,08	140-1770	474,46±116,76	10-142	55,55±13,01

- Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse multivariée (ACP) est utilisée pour distinguer les populations les unes des autres et pour déterminer quels caractères morphométriques reflètent le mieux ces distinctions (Turan *et al.*, 2006 ; Vatandoust *et al.*, 2014 ; Özdemir, 2015). Huit mesures morphométriques ont été jugées importantes. Les formules réalisées par Elliott *et al.* (1995) ont été utilisées pour normaliser les données. De nombreuses études ont utilisé cette formule (Motamedi *et al.* 2014; Vatandoust, Abdoli, Anvarifar, & Mousavi-Samet, 2014; Mir *et al.*, 2015).

À l'issue de l'analyse en composantes principales (ACP) pour les 8 variables quantitatives (**Fig. 62**), le plan factoriel (1x2) formé par la première et la seconde composante totalise une inertie de 98.3 % et 99.1 % respectivement pour *L. mascarensis* et *L. lanigarensis*.

La représentation graphique des variables quantitatives par l'ACP montre que les variables morphométriques sont toutes corrélées positivement entre elles par des taux différents, les uns sont retenus faiblement entre eux et certains autres sont liés très fortement.

Le premier ACP (a) des huit caractères morphométriques étudiés expliquait 98.3% de la variation totale dans la population de *L. mascarensis* (54 spécimens) (**Fig. 62-a**). On distingue la formation de trois groupes de caractères (VL, PL, AL, DL), (TL) et (FL, SL, WEIGHT). Cela montre une corrélation forte entre les caractères au sein du même groupe et une corrélation moins forte entre les caractères des groupes différents.

Le deuxième ACP (b) des huit caractères morphométriques étudiés expliquait 99.1% de la variation totale parmi les 27 spécimens de *L. lanigarensis* (**Fig. 62-b**). On distingue la formation de trois groupes de caractères (WEIGHT), (AL, DL, FL, TL, SL, VL) et (PL). Cela montre une corrélation forte entre les caractères au sein du même groupe et une corrélation moins forte entre les caractères des groupes différents.

Les deux graphes ci-dessous montrent la contribution des variables à la construction des axes de l'Analyse en Composantes principales (ACP) des deux espèces étudiées : *Luciobarbus mascarensis* (**Fig. 63-a**) et *Luciobarbus lanigarensis* (**Fig. 63-b**).

Pour *Luciobarbus mascarensis* la projection de ces variables sur les deux premières dimensions (Dim 1 et Dim 2) résume un pourcentage d'inertie égale à 98.3% et résulte un gradient en deux intervalles, les variables de [12.40 vers 12.45] marquée en Bleu ont une bonne contribution à la construction des axes, de [12.50 vers 12.60] marquée en orange et en Rouge ont une contribution parfaite à la construction des axes.

Pour *Luciobarbus lanigarensis* la projection de ces variables sur les deux premières dimensions (Dim 1 et Dim 2) résume un pourcentage d'inertie égale à 99.1% et résulte un gradient en deux intervalles, les variables de [12.4 vers 12.5] marquée en Bleu ont une bonne contribution à la construction des axes, et > 12.5 marquée en violet et en Rouge ont une contribution parfaite à la construction des axes. Il est remarquable que l'écart entre les variables contribuant est très faible et donc on peut considérer que tous ces derniers contribuent d'une façon équilibrée et ils sont aptes pour une interprétation via le Biplot.

L'analyse en grappes sur les variables morphométriques (**Fig. 64**) a permis d'identifier deux groupes principaux correspondant au différent site d'étude.

L'analyse hiérarchique des clusters effectuée sur les prototypes SOM a fait sortir deux districts groupes pour les 4 sites étudiés (**Fig. 64**). Basés sur le dendrogramme, les échantillons (*Luciobarbus lanigarensis*) sont situés en bas et appartiennent au cluster 2, tandis que les échantillons (*Luciobarbus mascarensis*) sont situés en haut et appartiennent au cluster 1.

Dans les dendrogrammes, *Luciobarbus lanigarensis* et *Luciobarbus mascarensis* ont été séparées montrant deux grappes distinctes.

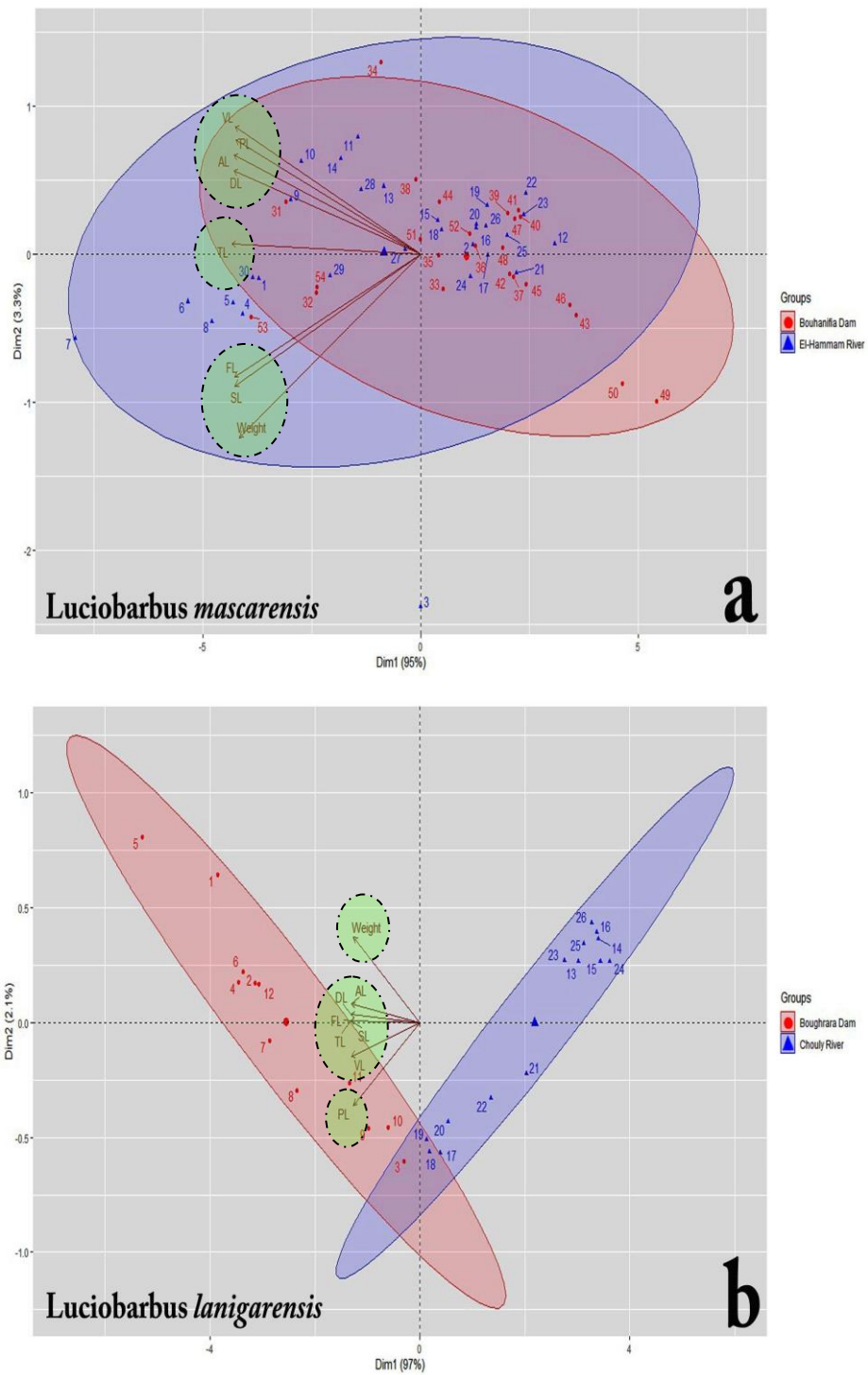


Figure 62 : Analyse en composantes principales (ACP) basée sur des mesures morphométriques.

a) entre la population du barrage et de la rivière de *L.mascarensis*. b) entre la population du barrage et la de rivière de *L.lanigarensis*

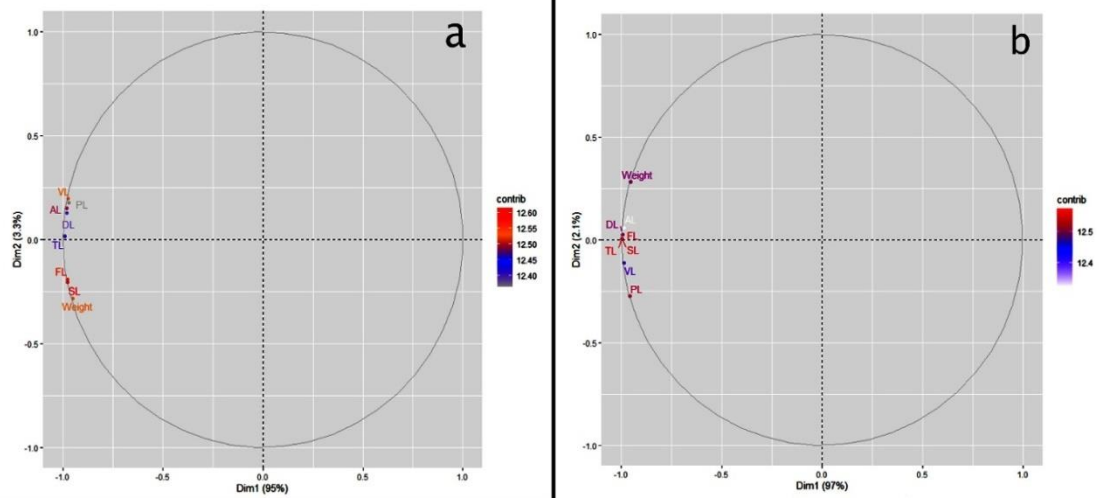


Figure 63 : la contribution des variables dendrométriques a la construction des axes de l'Analyse en Composantes principales (ACP).

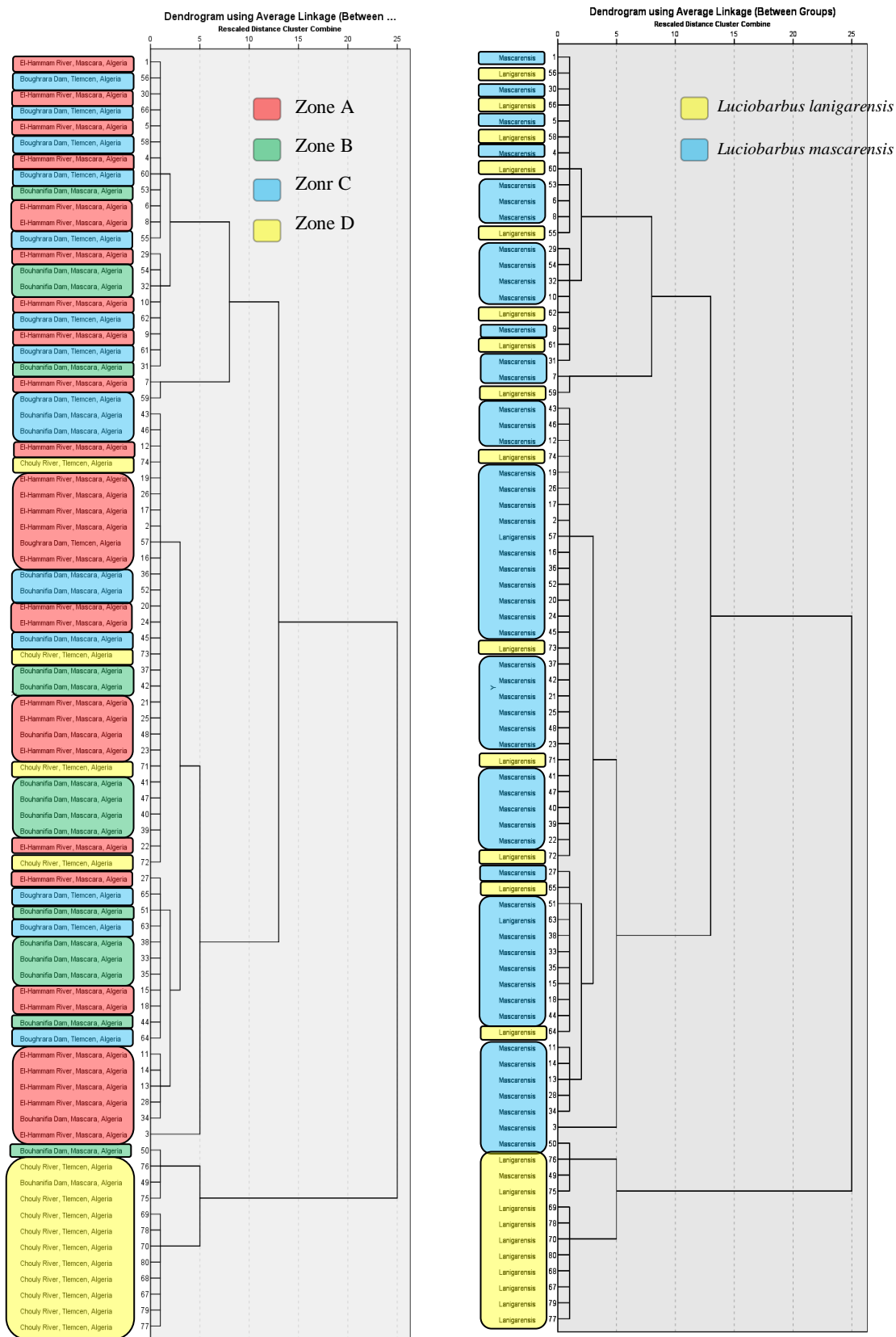


Figure 64 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) pour les différents sites.

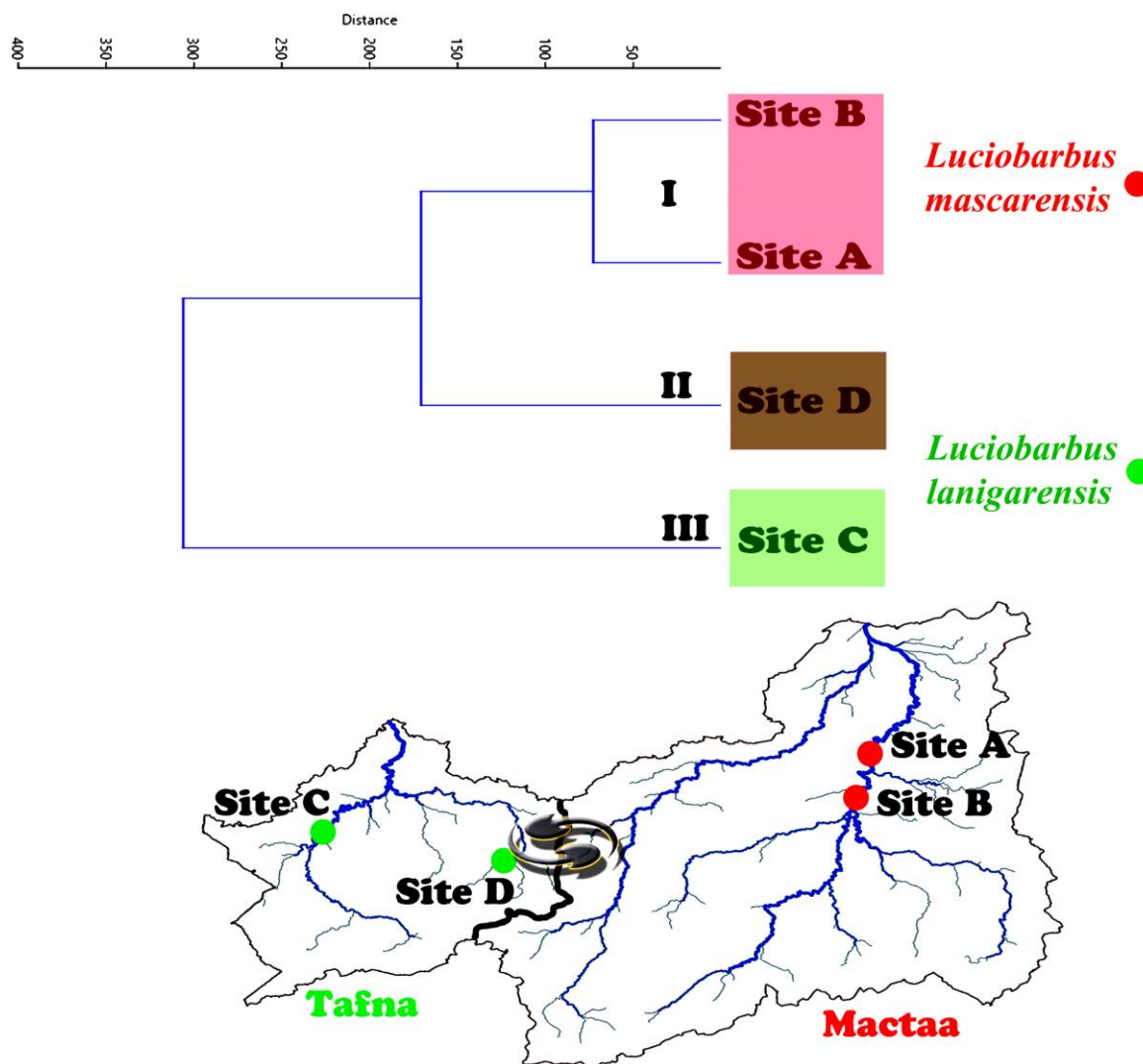


Figure 65 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) récapitulative des 4 populations (A, B, C et D) sur moyennes des caractères étudiés.

L'analyse des sites selon la méthode de classification hiérarchique (CAH) a proposé majoritairement 3 Clusters ou Groupes, dont le premier Groupe (Cluster I) en Rouge a caractérisé les populations de Oued El hammam et le barrage de Bouhanifia vu leurs performances semblable indiqué par ~ 70 Unités Euclidienne, il faut noter par le passage que les deux populations appartient a la même espèce *Luciobarbus mascarensis* néanmoins considéré comme étant très proches géographiquement (**Fig. 65**).

Le deuxième cluster (Cluster II) en marron est considéré comme un pseudo-groupe du premier cluster avec un indice de dissimilarité proche de 170 Unité Euclidienne a caractérisé la population d'Oued Chouly qui appartient à l'espèce *Luciobarbus lanigarensis*.

Le troisième cluster (Cluster III) est le plus loin en aspect de performances (indice de dissimilarité équivalant à 300 Unité Euclidienne par rapport aux autres groupes), a caractérisé la population du barrage de Bougherara et représenté par l'espèce *Luciobarbus lanigarensis* comme Cluster II (**Fig. 65**).

Cette observation semble incohérente car on s'attendrait à une relation plus étroite du site D avec le site C puisqu'ils appartiennent au même bassin versant (ici la Tafna). Cependant, une explication possible pour cette disparité : la présence de contacts entre les deux bassins versants, Macta et Tafna (**Fig. 65**), qui aurait facilité les interactions entre les deux populations, conduisant ainsi à cette classification ascendante hiérarchique.

Les similarités étroites entre les sites A, B et D peuvent indiquer une relation génétique ou écologique entre les espèces *Luciobarbus lanigarensis* et *Luciobarbus mascarensis*. Cependant, des analyses complémentaires, telles que des études génétiques ou de l'écologie comportementale, pourraient être nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

4- Étude de la diversité

- L'index de Shannon et Weaver

L'indice de diversité relative (moyenne H') de tous les individus étudiés est de 0,67 pour les caractères mesurés (**Tab 7**). Au niveau de la population, cet indice varie respectivement de 0,29 à 0,92 pour les individus du site D et site B respectivement. Cet indice varie de 0,63 pour le caractère FL et PL à 0,72 pour le paramètre Weight (**Tab. 7**).

Tableau 7 : Estimation des indices de diversité de Shannon pour les caractéristiques morphométriques étudiées

regions/caracters	TL	SL	FL	DL	AL	PL	VL	Weight	H Moy
Site A (<i>L.mascarensis</i>)	0,91	0,94	0,94	0,87	0,88	0,78	0,82	0,94	0,88
Site B (<i>L.mascarensis</i>)	0,95	0,96	0,8	0,91	0,88	0,96	0,97	0,97	0,92
Site C (<i>L.lanigarensis</i>)	0,62	0,62	0,62	0,57	0,57	0,57	0,44	0,67	0,58
Site D (<i>L.lanigarensis</i>)	0,19	0,3	0,19	0,3	0,43	0,2	0,47	0,3	0,29
H moy	0,67	0,7	0,63	0,66	0,69	0,63	0,68	0,72	0,67

Selon toutes les caractéristiques et tous les individus : l'indice de diversité le plus élevé ($H' = 0,97$) a été obtenu pour le caractère Weight et VL au niveau du site B dans la région du barrage de Bouhanifia.

L'indice de Shannon et Weaver a été calculé à partir des différents caractères dans les quatre régions étudiées : Site A, B, C et D. La région du site B (barrage Bouhanifia) avait l'indice de diversité moyen le plus élevé avec 0,92, suivi de la région du site A (oued El-hammam) (0,88). La valeur moyenne la plus basse a été trouvée au niveau du site C (oued Chouly) (0,29).

Le faible indice de diversité observé sur le site C, est également intéressant et peut être révélateur d'une dégradation environnementale dans la région. Le faible indice pourrait être attribué à la pollution et à la fragmentation de l'habitat, ce qui peut entraîner une diminution de l'abondance et de la diversité des différentes espèces. La pollution provenant de sources industrielles, agricoles et domestiques peut avoir de profondes répercussions sur la qualité de l'eau, du sol et de l'air, entraînant des changements importants dans la composition des écosystèmes.

Ces valeurs différentes pour l'indice de Shannon et Weaver par rapport aux sites de l'étude et probablement le reflet de pression sélective différente d'un site à un autre ; les valeurs faibles s'expriment là où la pression est plus importante.

La plasticité du phénotype des poissons permet une adaptation aux changements environnementaux par des modifications de leur physiologie et de leur comportement afin d'atténuer les effets des variations environnementales. Cela peut entraîner des changements dans la morphologie, la reproduction et la survie (Stearns, 1983; Meyer, 1987). Induite par des facteurs environnementaux, la variation phénotypique peut présenter des avantages pour l'identification des stocks, en particulier lorsque l'échelle de temps est insuffisante pour une différenciation génétique significative des populations. Les marqueurs phénotypiques peuvent détecter une différenciation morphologique due à des différences environnementales dans les habitats de stocks partiellement isolés.

La capacité des poissons à s'adapter aux changements environnementaux est étroitement liée à leur phénotype, qui englobe leurs caractéristiques anatomiques, physiologiques et comportementales. La plasticité phénotypique fait référence à la capacité d'un individu à modifier son phénotype en réponse à des variations environnementales. Cela peut se produire par une variété de mécanismes, y compris des changements dans l'expression des gènes, des modifications épigénétiques et des voies de développement modifiées.

Les variations environnementales peuvent avoir un impact sur les poissons de multiples façons, telles que les changements de température, de salinité, d'oxygène dissous, de disponibilité de nourriture et de pression de prédation. En réponse à ces changements, les poissons peuvent modifier leur physiologie et leur comportement, par exemple en ajustant leurs taux métaboliques, en modifiant leurs stratégies d'alimentation ou en modifiant leurs habitudes de déplacement (Biro & Stamps, 2010). Ces modifications peuvent permettre aux poissons de faire face aux facteurs de stress environnementaux et d'exploiter de nouvelles opportunités, favorisant finalement la survie et le succès de la reproduction.

Un exemple notable de plasticité phénotypique chez les poissons est la réponse aux changements de température. Les espèces de poissons réparties sur une large gamme de latitudes se sont adaptées aux régimes de température locaux grâce à des modifications de leur physiologie et de leur comportement. Par exemple, certaines espèces de poissons dans les eaux plus froides ont une taille corporelle plus grande et des tissus corporels plus épais, ce qui permet une meilleure isolation thermique et le maintien des taux métaboliques à basse température. En revanche, les poissons des eaux plus chaudes peuvent avoir une taille corporelle plus petite et des tissus plus minces, ce qui réduit les coûts métaboliques et améliore les performances de nage (Muhling *et al.*, 2017).

Un autre exemple de plasticité phénotypique chez les poissons est la réponse à la pression de prédation. Les poissons peuvent présenter des comportements anti-prédateurs, tels que se cacher, fuir ou former des bancs, en réponse aux menaces perçues. Ces comportements peuvent réduire le risque de prédation et favoriser la survie. De plus, certaines espèces de poissons peuvent développer des adaptations morphologiques, telles que des épines ou des armures, pour dissuader les prédateurs (Reimchen & Nosil, 2002).

La plasticité phénotypique peut également avoir des implications pour la gestion et la conservation des pêches. Les marqueurs phénotypiques, tels que les variations de la forme ou de la taille du corps, peuvent être utilisés pour faire la distinction entre différentes populations de poissons et éclairer les stratégies de gestion. Par exemple, si deux populations de poissons ont des formes corporelles différentes en raison de leur adaptation à des conditions environnementales différentes, les gestionnaires peuvent avoir besoin d'employer des stratégies de récolte différentes pour assurer une exploitation durable des deux populations.

En résumé, la plasticité du phénotype des poissons permet une adaptation aux changements environnementaux par des modifications de la physiologie et du comportement. Cela peut entraîner des changements dans la morphologie, la reproduction et la survie et, à

son tour, avoir des implications pour la gestion et la conservation des pêches. Les marqueurs phénotypiques peuvent fournir des informations précieuses pour identifier différentes populations de poissons et guider les décisions de gestion.

5- Étude de croissance

5.1- Sex Ratio

Pour analyser le sex-ratio des espèces dans notre étude, nous avons utilisé une gamme de techniques, notamment des enquêtes sur le terrain, des analyses morphométriques. Les enquêtes sur le terrain ont impliqué la capture et la mesure des individus afin de déterminer leur sexe et leur distribution par taille. Une analyse morphométrique a été effectuée pour identifier les différences dans la forme et la taille du corps des mâles et des femelles, ce qui peut avoir des implications sur leur succès reproducteur.

Un échantillon de 326 spécimens a été utilisé pour l'étude du sex-ratio selon les espèces considérées (**Tab. 8**) au cours duquel 112 mâles et 214 femelles ont été observés en utilisant la méthode d'échantillonnage aléatoire (décrite précédemment) pendant une période de 30 mois (voir Fig. 38).

Tableau 8 : L'analyse du sex-ratio

	F	M	Sex-Ratio (M/F)
<i>Luciobarbus mascarensis</i>	38	16	0,42
<i>Luciobarbus lanigarensis</i>	13	14	1,08
<i>Cyprinus carpio</i>	97	38	0,39
<i>Micropterus salmoides</i>	25	27	1,08
<i>Carassius gibelio</i>	41	17	0,41
Total	214	112	0,52
Pourcentage	66,65%	34,35%	100%

L'analyse du sex-ratio est une étude fondamentale en biologie qui permet de comprendre la répartition des sexes dans une population. Cette étude est primordiale dans les populations animales pour évaluer la reproduction et l'évolution des espèces.

En analysant le sex-ratio de la population étudiée, nous avons constaté que les femelles étaient plus abondantes que les mâles, avec un rapport de sexe en faveur des femelles (1:1,7). Cette observation est très intéressante, car elle peut être due à plusieurs facteurs tels que les conditions environnementales, le régime alimentaire, les maladies, les comportements de reproduction, etc.

De plus, la taille des femelles dépasse largement celle des mâles sur presque tous les caractères étudiés dans les 4 sites de notre étude (A, B, C et D) (**Fig. 66 et 67**). Cette différence de taille entre les sexes peut être due à des différences dans la croissance et le développement des structures corporelles des mâles et des femelles. Les facteurs génétiques peuvent également jouer un rôle important dans cette différence de taille entre les sexes (Zengin, Polat, & Saygin, 2015; Doung, Nguyen, & Pham, 2017).

Il est important de noter que l'analyse du sex-ratio doit être réalisée avec précaution, car les taux de mortalité peuvent influencer les résultats. En effet, si les mâles ont une mortalité plus élevée que les femelles, cela peut fausser les résultats et donner l'impression que les femelles sont plus abondantes. De même, si les mâles ont des modes de vie différents des femelles, cela peut également influencer le sex-ratio de la population (Pinheiro *et al.*, 2005).

Cependant, l'analyse du sex-ratio est un outil essentiel pour comprendre la répartition des sexes dans une population. L'étude du sex-ratio peut fournir des informations sur la reproduction, les maladies, les comportements de reproduction, les facteurs environnementaux et génétiques qui influencent la démographie de la population. En examinant les résultats de notre analyse, nous avons constaté que les femelles étaient plus abondantes que les mâles et que la taille des femelles était plus grande.

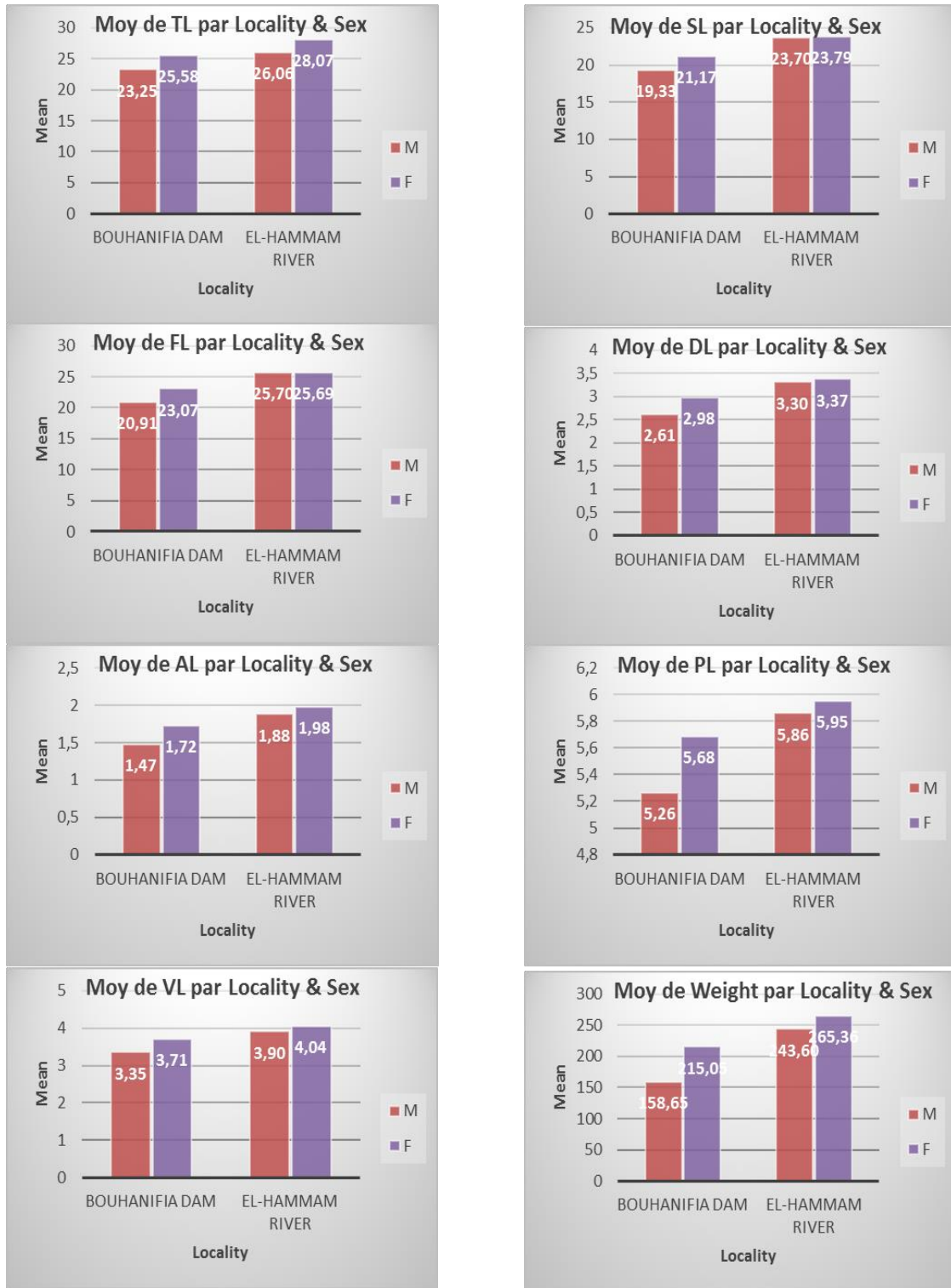


Figure 66 : Résultats de l'étude morphométrique menée sur les spécimens de *Luciobabrus mascarensis* capturés des deux sites (A et B) en fonction du sexe.

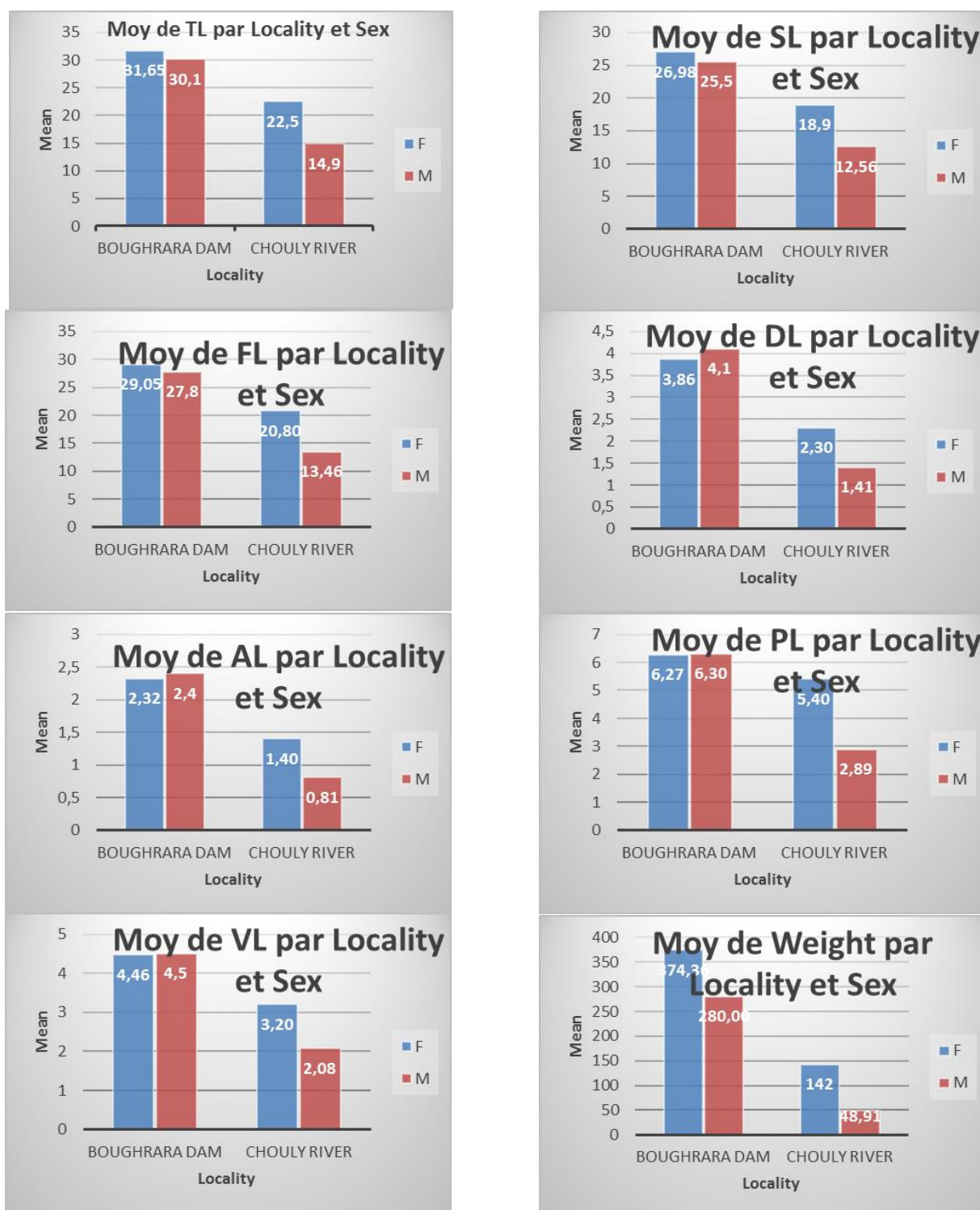


Figure 67 : Résultats de l'étude morphométrique menée sur les spécimens de *Luciobabrus lanigarens* capturés des deux sites (C et D) en fonction du sexe.

5.2- Croissance relative (Relation longueur totale – poids)

La présente étude décrit la structure de la population et les relations biométriques telles que la relation poids-longueur et l'indice de condition (K), de *Luciobarbus mascarensis* (espèce autochtone) dans deux systèmes d'eau douce différents (*milieu naturel Vs milieu artificiel*) : oued El hammam situé sur le flanc nord des hautes plaines oranaises et le barrage Bouhanifia situé au nord-ouest de l'Algérie à environ 100 km au sud d'Oran et à 25 km de Mascara. 116 spécimens ont été pêchés dans ces deux systèmes d'eau douce, dont 60 provient de oued El hammam (*milieu naturel*) et 56 du barrage de Bouhanifia (*milieu artificiel*). (Fig. 68)

116 spécimens de *Luciobarbus mascarensis* ont été observés. Les résultats mentionnent que dans le barrage la longueur total est comprise entre 17.4 cm et 34.2 cm tandis qu'à l'Oued, elle varie de 19.4 cm à 42.3 cm (Tab. 9). Les spécimens les plus longs ont été observés à Oued el-Hammam. Le poids minimal est maximal observé pour *L. mascarensis* est mentionné au niveau du tableau 9.

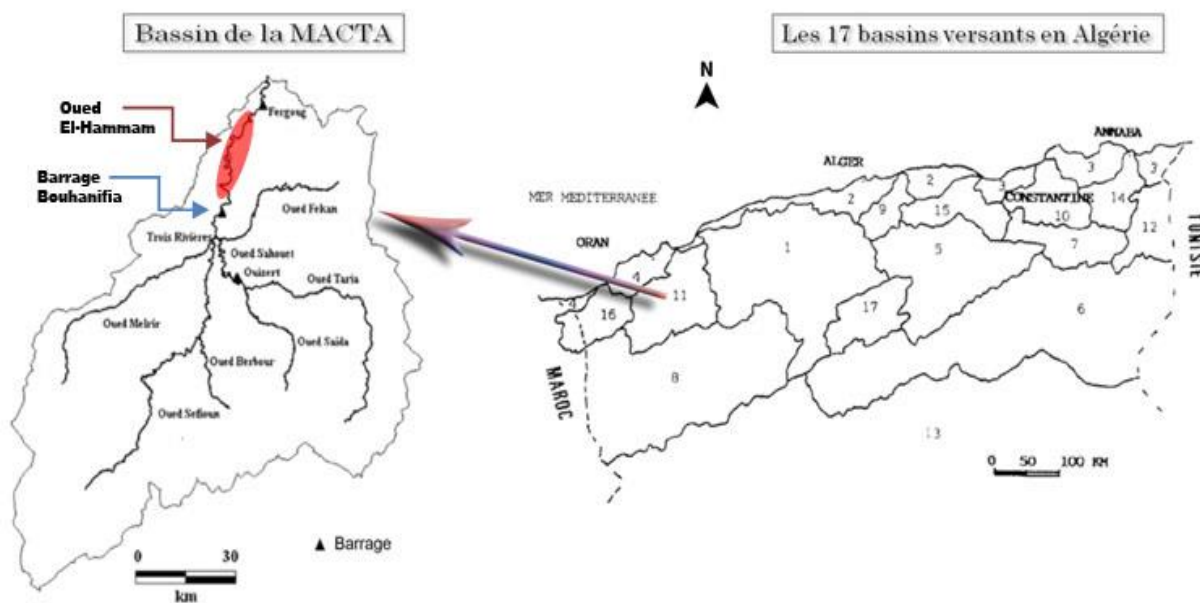


Figure 68 : Localisation d'oued El-Hammam et le barrage de Bouhanifia.

Tableau 9 : Paramètres de la relation poids-longueur de *Luciobarbus mascarensis*

Site	Espèce	N	Longueur (cm)		Poids (g)		a	b	Croissance
			Min	Max	Min	Max			
Oued El-Hammam	<i>L. mascarensis</i>	60	19,4	42,3	68,7	728,2	0,003	3,041	A+
Barrage Bouhanifia	<i>L. mascarensis</i>	56	17,4	34,2	64,9	460,3	0,017	2,381	A-

A+ : allométrie positive ; A- : allométrie négative ; N : effectif de l'échantillon

La relation poids-longueur est une relation biométrique essentielle qui caractérise la croissance des poissons. Cette relation peut être utilisée pour estimer le poids du poisson en fonction de sa longueur et vice versa. Dans cette étude, une corrélation positive significative a été observée entre le poids et la longueur à la fois dans l'oued El Hammam et le barrage de Bouhanifia.

Les paramètres (a) et (b) de la relation taille-poids sont présentés dans le tableau 9. Le test t de Student montre deux types de croissance. La croissance est allométrique positive pour le site (Oued El-Hammam), par contre dans le site (barrage de Bouhanifia) représente une allométrie négative pour la même espèce.

5.3- Le facteur de condition

Le facteur de condition (k) est une autre relation biométrique utilisée pour évaluer la santé et le bien-être général des poissons. Ce facteur est calculé en fonction du poids et de la longueur du poisson et indique les réserves énergétiques du poisson. Une valeur k plus élevée indique que le poisson est en bon état, tandis qu'une valeur k plus faible suggère que le poisson peut être stressé ou souffrir d'une maladie.

Les valeurs de facteur de condition, les équations de régression et le coefficient de détermination R^2 sont présentés dans le **Tableau 10**. Les plus fortes valeurs de facteur de condition ont été enregistrées à Oued El-hammam.

Tableau 10 : Équation de la régression poids-longueur et facteur de condition K

Site	Espèce	N	Équation de régression	R ²	Facteur de condition K	
					Moyenne	Ecart-Type
Oued el-Hammam	<i>L. mascarensis</i>	60	$P=0,003L^{3,041}$	0,948	0,396	0,345
Barrage Bouhanifia	<i>L. mascarensis</i>	56	$P=0,017L^{2,381}$	0,852	0,367	0,419

P : Poids Total ; L : Longueur Total ; N : effectif de l'échantillon ; R² : Coefficient de corrélation

Nos pêches dans le barrage démontrent la présence permanente d'une population de *Luciobarbus mascarensis*, espèce pourtant naturellement rhéophile et fluviatile comme ses proches espèces *B. barbus* et *B. meridionalis* (Brusle et Guignard, 2001), bien que présente aussi naturellement dans des gueltas en Algérie (Froese et Pauly, 2010) et dans les lacs naturels tels que celui de l'Ichkeul en Tunisie (Chaouachi et Ben Hassine, 1998).

Les poissons capturés dans l'Oued ont une croissance allométrique positive par rapport à ceux pêchés dans le barrage, les individus ainsi capturés dans le barrage manifestent une légère tendance de prise de poids par rapport à leur croissance en taille. Ce même résultat a été reporté par (Chaouachi et Ben Hassine, 1998) pour les barbeaux vivant dans la lagune de l'Ichkeul en Tunisie.

La relation longueur-poids de *Luciobarbus mascarensis* est allométrique positive au niveau de l'oued El-hammam.

En effet, l'exposant de la longueur dans l'équation du poids en fonction de la longueur est très proche de 3 ($b = 3.041$) avec un coefficient de corrélation R² de 0.948 (**Fig. 69**).

Par contre dans le barrage de Bouhanifia l'allométrie est négative ($b = 2.381$) avec un coefficient de corrélation R² de 0.852 (**Fig. 70**).

Par contre, dans le cadre d'une étude sur le *B. callensis* du réservoir de Allal-el-Fassi à Fès (Maroc), (Bouhbouh, 2002) a trouvé un coefficient plus élevé, égal à 3.35. Par ailleurs,

(Bravo *et al.* 2001), dans la rivière Guadalquivir en Espagne, obtiennent pour *Barbus sclateri* un coefficient de l'exposant b égal à 3.087 et un coefficient de corrélation r^2 de 0.98 très proche de celui mesuré pour notre espèce. De leur côté, (Oliva *et al.* 2003) obtiennent un coefficient de l'exposant b variant entre 2.76 et 2.99 dans six stations dans les réservoirs semi-aride de la Péninsule ibérique.

Cette étude fournit des informations précieuses sur la structure de la population et les relations biométriques d'une espèce de poisson autochtone récemment décrite par Brahimi *et al.* en 2017 (*Luciobarbus mascarensis*) dans deux systèmes d'eau douce différents en Algérie [rivière (*milieu naturel*) Vs barrage (*milieu artificiel*)]. Les résultats suggèrent qu'il existe des différences significatives dans la relation poids-longueur, le facteur de condition et la structure de la population entre Oued El Hammam et le barrage de Bouhanifia. D'autres études sont nécessaires pour explorer les facteurs contribuant à ces différences, y compris les facteurs naturels et anthropiques tels que la qualité de l'habitat, la pression de pêche et l'exploitation des barrages. La compréhension de ces facteurs est essentielle pour la gestion et la conservation efficaces des espèces de poissons indigènes dans les écosystèmes d'eau douce.

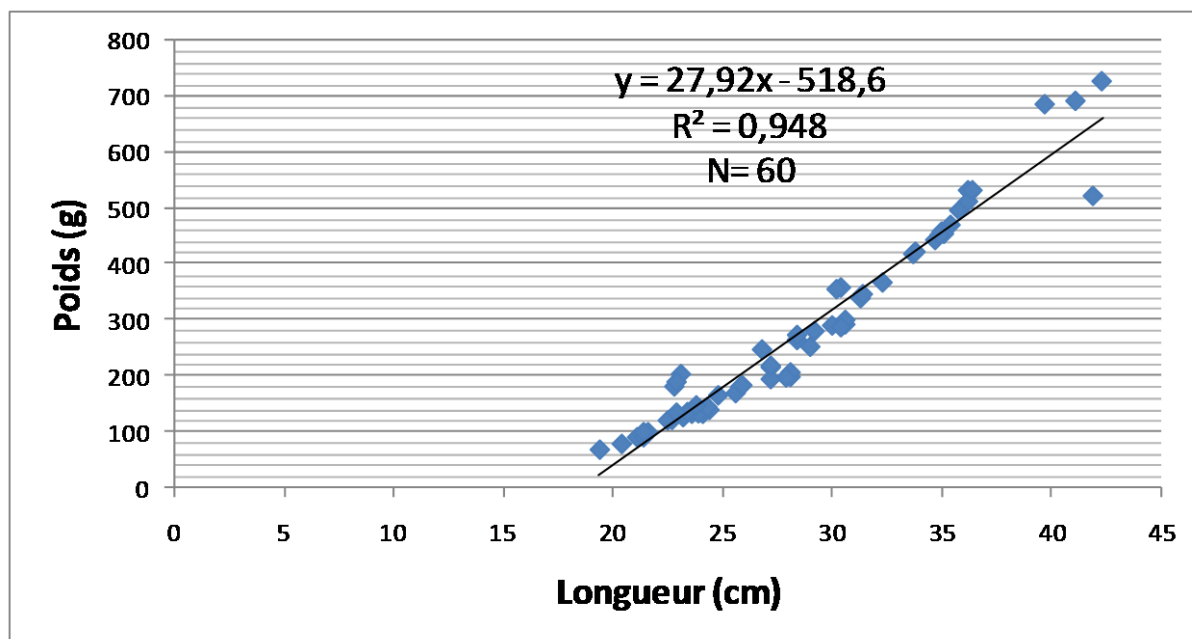


Figure 69 : Relation poids-longueur de *Luciobarbus mascarensis* dans oued El-Hammam

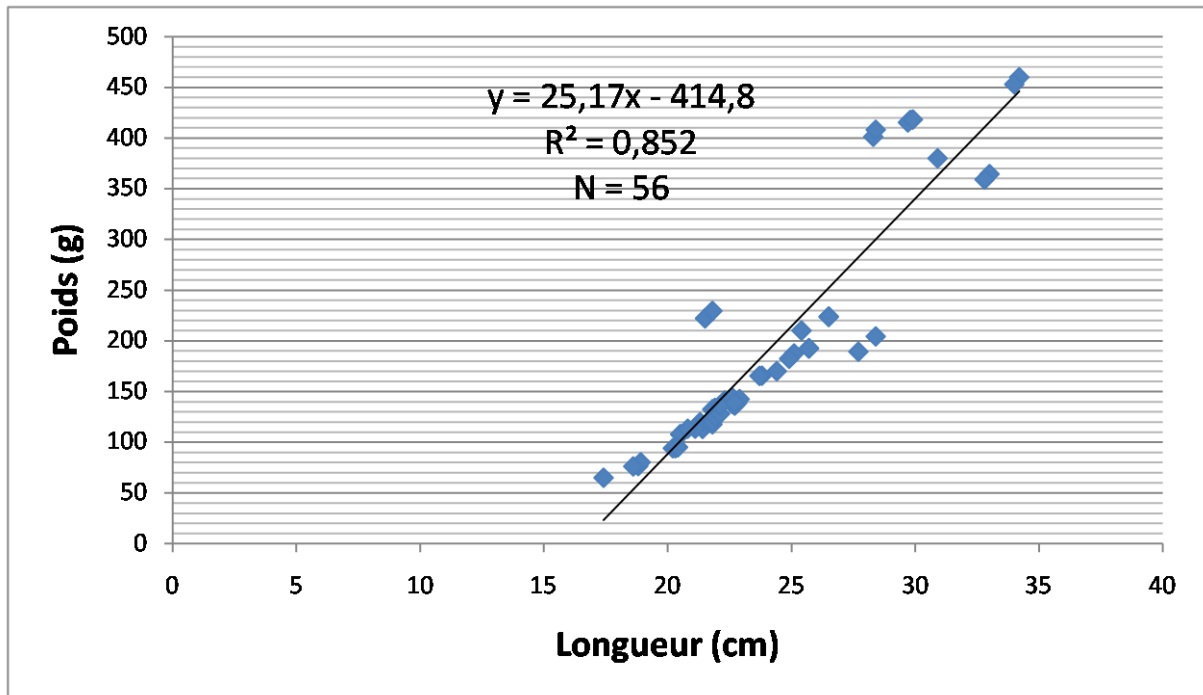


Figure 70 : Relation poids-longueur de *Luciobarbus mascarensis* dans le barrage de Bouhanifia

Conclusion

Générale

Conclusion générale

En conclusion, cette étude met en lumière des constatations alarmantes quant à la diversité des espèces de poissons d'eau douce dans les sites étudiés, avec près d'un quart de ces sites ne répertoriant aucune espèce. La présence prédominante d'espèces introduites par rapport aux autochtones, la pollution généralisée due au non-respect des protocoles de purification des eaux, et les différences significatives observées dans la structure de la population de barbeaux entre environnements naturels et artificiels soulignent l'impact majeur des activités humaines sur l'écosystème aquatique en Algérie. Les résultats variés des analyses, tels que l'ACP, l'analyse hiérarchique des clusters, et l'indice de diversité, appellent à une analyse approfondie pour mieux comprendre les implications écologiques et formuler des stratégies de conservation. La surabondance des femelles et les variations importantes dans la relation poids-longueur entre les sites soulignent la complexité des interactions écologiques, soulignant ainsi la nécessité de mesures de préservation et de gestion adaptées pour maintenir l'équilibre des écosystèmes aquatiques en Algérie.

La caractérisation morphologique révèle une intra variation spécifique de *Luciobarbus mascarensis* dans le bassin versant de la Macta et suggère l'existence de morphologie spécifique à la rivière, une adaptation possible à un changement dans le bassin versant. Des études génétiques et phylogénétiques suggèrent l'existence de populations génétiquement différenciées au sein du même bassin versant (Rutaisire *et al.*, 2005). L'environnement changeant les conditions dans le bassin de la Macta pourrait être donc un facteur majeur de l'adaptation de cette espèce dans le système du barrage Bouhanifia (site B). Il est donc urgent d'entreprendre des études de situation de l'habitat de *Luciobarbus mascarensis* puisque l'utilisation de l'habitat influence le développement et adaptation des diverses caractéristiques morphologiques. Il est impératif d'entreprendre des mesures de gestion et de conservation pour arrêter les impacts anthropiques sur ce milieu et sa biodiversité.

La valeur de l'indice de Shannon-Weaver peut être vue comme le reflet des pressions sélectives exercées sur les différentes espèces dans un site donné. L'indice de diversité relative montre des valeurs variables, allant de 0,29 à 0,92, selon le site et les caractéristiques mesurées. Cela démontre une certaine disparité dans la diversité génétique des populations de poissons étudiées. Ces pressions peuvent être causées par un large éventail de facteurs, à la fois biotiques et abiotiques, qui affectent ensuite la diversité et l'abondance des espèces. En tant que telles, les valeurs obtenues pour l'indice peuvent servir d'outil utile pour mesurer la

santé et la diversité des écosystèmes et pour comprendre comment les facteurs environnementaux peuvent influencer sur la survie et le succès de différentes espèces.

Il est également crucial de noter que des déséquilibres ont été constatés dans le sex-ratio des populations étudiées, avec une prédominance de femelles. L'étude du sex-ratio peut fournir des informations sur la reproduction, les maladies, les comportements de reproduction, les facteurs environnementaux et génétiques qui influencent la démographie de la population étudiée. Nos résultats ajoutent des informations importantes pour comprendre l'évolution et la dynamique de la population étudiée.

Notre étude va au-delà de la description des espèces et de la compréhension de la diversité génétique des espèces nouvellement découvertes. Nous pensons que cela rendra notre étude unique et significative, car elle nous permettra d'observer l'influence des activités humaines, telles que la construction de barrages, sur la biodiversité de diverses espèces résidant dans les systèmes d'eau douce. Après avoir comparé les populations de ces différentes espèces, nous pouvons proposer des stratégies de conservation améliorées qui préservent les caractéristiques uniques de chaque espèce et favorisent leur coexistence dans l'écosystème.

À terme, nous espérons que notre étude contribuera aux efforts en cours pour protéger et préserver la faune ichthyologique de notre environnement. En rassemblant des données fiables et à jour, en approfondissant notre compréhension de la diversité génétique et en comparant les espèces dans différents systèmes d'eau douce, nous pensons que notre travail contribuera à éclairer d'importants efforts de conservation et à accroître notre compréhension de ces créatures fascinantes.

Références

bibliographiques



- ACF, (2010)** - La pisciculture de substance en étangs en Afrique. Association contre la faim.
<http://www.scribd.com/doc/77105481/ACF-2010>.
- Aberkane, B., & Iguer-ouada, M. (2011).** Étude de la reproduction du Barbeau (*Barbus barbuis callensis*).
- Ahmad, I., Pacheco, M., & Santos, M. A. (2006).** *Anguilla anguilla* L. oxidative stress biomarkers: an in situ study of freshwater wetland ecosystem (Pateira de Fermentelos, Portugal). *Chemosphere*, 65(6), 952-962.
- Almaça C., (1969).** - Révision critique de quelques types de cyprinidés d'Europe et d'Afrique du Nord des collections du Muséum national d'Histoire naturelle. *Bull. Mus. Natl. Hist.Nat.*, Paris, 40: 1116-1 144.
- Almaça C., (1970).** - Sur les barbeaux (genres et sous-genre *Barbus*) de l'Afrique du Nord. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. Paris*, 42: 141-158. Almaça, C. (1978). Neogene circummediterranean paleogeography and euromediterranean *Barbus* biogeography. *A rg. Do.Mus. Boc. Nova*, 1: 585-61 1.
- Almaça, C. (1978).** "Repartition géographique des cyprinidae iberiques et secteurs ichtyogéographiques de la peninsule iberique."
- Arab A., (1989)** - Étude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse de Magister en hydrobiologie, USTHB Université Houari Boumediène, Alger, 139 p.
- Azeroual A., Crivelli A.J., Yahiaoui A. et Dakki M., (2000).** L'ichtyofaune des eaux continentales du Maroc. *Cybium* 24 : 17-22

B

- Bacha, M., & Amara, R. (2007).** Les poissons des eaux continentales d'Algérie. Étude de l'ichtyofaune de la Soummam. *Cybium*, 31(3), 351-358.
- Beaumont, M. A., Ibrahim, K. M., Boursot, P., & Bruford, M. W. (1998).** Measuring genetic distance. *Molecular Tools for Screening Biodiversity: Plants and Animals*, 315-325.
- Benali, S. A., Mohamed, G. S., Kamel, L. D., & Suheil, G. S. B. (2020).** Contribution to the Study of Growth of *Luciobarbus Mascarensis* (Teleostei: Cyprinidae) in two Freshwater Systems in Western Algeria. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 14(4), 028-033.
- Benali, S. A., Doukara, K. L., Ghomari, S. M., Mediouni, M. R., Taibi, W., Soualili, D. L., & Gaouar, S. B. S. (2021).** Morphometric Characteristics of *Luciobarbusmascarensis* and *L. lanigarensis* (teleostei: cyprinidae) in western Algeria. *Genetics & Biodiversity Journal*, 5(3), 20-32.
- Benhadji, N., et al. (2013).** Contribution à l'étude de la faune hyporhéique des zones de sources dans les Monts de Tlemcen, Thèse. Magistère]. Univ. Tlemcen, Algérie.[French].
- Benhadji, N.(2013)** : étude de la faune hyporhéique des zones de sources dans les Monts de Tlemcen.Mém. Mag. Fac. Sc. Univ. Tlemcen: 42p.
- Bent J. M. & Presben D., (1991)** – Guide des poissons d'eau douce et pêche. Edit. Delachaux et Niestlé ; Neuchatel Suisse : 242p
- Benzécri J.P. (1973).** Théorie de l'information et classification d'après un tableau de contingence. L'Analyse des données, tome 1, Ed. Dunod, Paris.
- Berrebi, P. (1981).** "Contribution à l'étude du sous-genre *Labeobarbus* (genre *Barbus*, poissons Cyprinidés) au Maroc." *Bull. Inst. Sc., Rabat* 5: 59-72.

- Berrebi, P. (1995).** Speciation of the genus *Barbus* in the North Mediterranean basin: Recent advances from biochemical genetics. *Biological Conservation*, 72, 237–249.
- Berrebi, P. (1996).** "Systematics of *Barbus*: state of the art and heuristic comments." *Folia Zool* 45: 5-12.
- Berrebi P., (1997)** - Les souches locales de truites fario, le point sur la question. *Truite Ombre Saumon*, 182:4-8.
- Beverton, R.J.H., Holt, S.J. (1996).** *On The Dynamics of Exploited Fish Populations*. Chapman and Hall. London, 533 p.
- Bianco, P. G. (1990).** "Potential role of the palaeohistory of the Mediterranean and Paratethys basins on the early dispersal of Euro-Mediterranean freshwater fishes." *Ichthyological exploration of freshwaters*. *Munchen* 1(2): 167-184.
- Billard, R., Breton, B., Fostier, A., Jalabert, B., & Weil, C. (1978).** Endocrine control of the teleost reproductive cycle and its relation to external factors: salmonid and cyprinid models.
- Biro, P. A., & Stamps, J. A. (2010).** Do consistent individual differences in metabolic rate promote consistent individual differences in behavior?. *Trends in ecology & evolution*, 25(11), 653-659.
- Blanchard, R. (1891).** *Histoire zoologique et médicale des téniadés du genre Hymenolepis* Weinland, Société d'éditions scientifiques.
- Blanco, J. L., Hrbek T., Doadrio, I., (2006).**-new species of the genus *Aphanius* (Nardo, 1832) (Actinopterygii, Cyprinodontidae) from Algeria. *Zootaxa* No. 1158: 39-53.
- Bolger, T., & Connolly, P. L. (1989).** The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34(2), 171-182.

- Bouhadad R., (1993).** Distribution des espèces du genre *Barbus* en Algérie. Cah.Ethol. 13 :185-188.
- Bouhadad R., et Asselah B., (1998).** Biodiversité comparée des l'ichtyofaune des eaux douces algériennes (Sahara et Nord) et maghrébine. Santé plus, 61 : 19-22.
- Bouhadad, R., (2012).**-Les poissons des eaux continentales en Algérie. Actualisation de la stratégie nationale de préservation et d'utilisation durable de la diversité biologique partie mammifères sauvages. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Algérie
- Bouhbouh S., (2002)** - Bio-ecology of *Barbus callensis* (Valenciennes 1842) and *Barbus fritschi* (Günther 1874) in Allal-el-Fassi Reservoir (Morocco).Thèse doctorat.Fac.Sci. Dhar el Mehraz FES, Morocco. p 164.
- Boulenger, G. A. (1911).** III.—descriptions of new Reptiles from the Andes of South America, preserved in the British Museum. Annals and Magazine of Natural History, 7(37), 19-25.
- Bouton L., (1957).** - Trois semaines à l'embouchure de l'oued Sebaou. Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione, 1: 37-114.
- Bouزيد-Lagha, S. and B. Djelita (2012).** "Étude du phénomène d'eutrophisation dans le Barrage de Hammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen, Algérie)." Hydrological sciences journal 57(1): 186-201.
- Bouزياني, M. (2006).** "L'eau dans tous ses états." Ed. Dar El Gharb, Algérie.
- Brahimi, A., Tarai, N., Benhassane, A., Henrard, A., & Libois, R. (2016).** Genetic and morphological consequences of Quaternary glaciations: A relic barbel lineage (*Luciobarbus pallaryi*, Cyprinidae) of Guir Basin (Algeria). Comptes Rendus Biologies, 339(2), 83-98.
- Brahimi, A., Freyhof, J., Henrard, A., & Libois, R. (2017).** *Luciobarbus chelifensis* and *L. mascarensis*, two new species from Algeria (Teleostei: Cyprinidae). Zootaxa, 4277(1).

Brahmi S., (2017). Écologie parasitaire des cyprinidés du lac Oubeira (Nord-Est algérien). Thèse de doctorat en écologie animale. Université de Badji Mokhtar- Annaba (Algérie). P10-13

Brahimi, A., Libois, R., Henrard, A., & Freyhof, J. (2018). *Luciobarbus lanigarensis* and *L. numidiensis*, two new species of barbels from the Mediterranean Sea basin in North Africa (Teostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 4433(3).

Brahimi, A. (2018). Morphologie comparée et phylogéographie des barbeaux endémiques du Maghreb, particulièrement en Algérie, Université Mohamed Kheider-Biskra.

Bravo R., Soriguer M.C., Villar N. et Hernando J.A., (2001) - The dynamics of fish populations in the Palancar stream, a small tributary of the river Guadalquivir, Spain. *Acta Oecologica*, 22: 9#20.

Brusle J. & Guignard J.P., (2001), *Biologie des poissons d'eau douce européens*. 625 p. Paris: Éditions Tec & Doc

Brusler J. et Quignard J-P., (2004) – *les poissons et leur environnement*. Edt lavoisier, Paris. p1522.

C

Carrete Vega, G., & Wiens, J. J. (2012). Why are there so few fish in the sea?. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1737), 2323-2329.

Casal-Lopez, M., Perea, S., Yahyaoui, A., & Doadrio, I. (2015). Taxonomic review of the genus *Luciobarbus* Heckel, 1843 (Actinopterygii, Cyprinidae) from Northwestern Morocco with the description of three new species.

Chaibi, R. (1999). Caractéristique biologique et potentiel piscicole de la lagune du mellah données préliminaires sur *Aphanius fasciatus* (Doctoral dissertation, MSc Dissertation, Univ. Annaba, Algeria.(in French)).

Chaibi R. (2014)., Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des Aures et du Sahara septentrional avec sa mise en valeur. These de doctorat en Biologie. Université de Biskra (Algérie).p 5-18 ; 47-50

Chaouachi B. et Ben Hassine O.K., (1998)- Le barbeau *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Poisson, Téléostéen) de la lagune de l'Ichkeul. Arch. Inst. Pasteur Tunis, 75, 3-4, 211-218

Chapman, F. A., & Miles, R. D. (2018). How Ornamental Fish Get Their Color: FA192, 5/2018. EDIS, 2018(3).

Chardon M. et Vandewalle P., (1997) - Evolutionary trends and possible origin of the weberian apparatus, Netherlands. J. Zool.p 383-403.

Claire K. (2012)., Tout savoir sur les poissons d'eau douce (<https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-poissons-eau-douce-1440/>)

Claire K., (2018) – Les poissons d'eau douce : Anatomie des poissons : squelette, peau et muscles. (Futura science : Futura planète) .futura-sciences. -poissons-eau-douce-1440

Cox, M. C., Qualset, C. O., & Rains, D. W. (1985). Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein 1. Crop Science, 25(3), 435-440.

Cuvier, G. and A. Valenciennes (1842). "Histoire naturelle des poissons, vol. 16." P. Bertrand, Paris, xx: 465-487.

D

Daoud A., (1984) - Contribution à l'étude de la biologie de trois espèces de Cyprinidés exploitées dans le réservoir Dorkan : *Barbus grypus*, *Barbus xanthopterus* et *Barbus escocinus*. Thèse Doctorat. Etat, Univ. Sci. et Tech., Languedoc (France)., p275.

- Daudin**, F. M., & Cuvier, F. (1805). *Barbus*. Dictionnaire des Sciences naturelles. BAN–BLU. Série, 1.
- De Araújo Júnior**, N. T., Ianella, P., Yoshinaga, T. T., Butzge, A. J., & Caetano, A. R. (2023). Population structure and genetic diversity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstocks from Brazil using SNP markers. *Aquaculture Reports*, 31, 101689.
- Deffontaine**, V., Libois, R., Kotlík, P., Sommer, R., Nieberding, C., Paradis, E., ... & Michaux, J. R. (2005). Beyond the Mediterranean peninsulas: evidence of central European glacial refugia for a temperate forest mammal species, the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). *Molecular Ecology*, 14(6), 1727-1739.
- Desroches**, Jean-François et Picard, Isabelle. (2012) Précision de l'aire de répartition du necture tacheté et de 6 espèces de poissons d'eau douce dans le sud du Québec. *Le Naturaliste canadien*, vol. 136, no 3, p. 80-87.
- Dieuzeide R.**, (1927). - L'oued Réghaia. *Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione*, 2: 161-171.
- Dieuzeide R.**, (1932). - L'empoisonnement des eaux de l'oued Mazafran. *Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione*, 2: 189-207
- Dieuzeide R. & R. Champagne**, (1950). - L'able de la Calle (*Phoxinellus callensis* Guichenot). *Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione*, 2: 9-28.
- Dieuzeide R. & J. Roland**, (1951). - Le laboratoire d'hydrobiologie et de pisciculture d'eau douce du Mazafran. *Bull. Stn. Aquic. Pêche Castiglione*, 3: 190-207.
- Djemali**, I. (2005). Évaluation de la biomasse piscicole dans les plans d'eau douce tunisiens: approches analytique et acoustique (Doctoral dissertation, Institut National Agronomique de Tunisie/Institut National des Sciences et Technologies de la Mer).
- Doadrio**, I. (1990). "Phylogenetic relationships and classification of western palaeartic species of the genus *Barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae)." *Aquatic Living Resources* 3(4): 265-282.

- Doadrio, I. (1994).** "Freshwater fish fauna of North Africa and its biogeography." *Ann Musee Roy Afr Centr Ser 8*: 21-34.
- Doadrio, I., Bouhadad, R., & Machordom, A. (1998).** "Genetic differentiation and biogeography in Saharan populations of the genus *Barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae)." *FOLIA ZOOLOGICA-PRAHA- 47*: 7-20.
- Doadrio, I., Carmona J.A. & Machordom, A. (2002).** Haplotype diversity and phylogenetic relationships among Iberian barbels (*Barbus*, Cyprinidae) reveal two evolutionary line-ages. *Journal of Heredity* 93, 140-147.
- Doadrio, I., Casal-López, M. & Perea, S. (2016b)** Taxonomic remarks on *Barbus moulouyensis* Pellegrin, 1924 (Actinopterygii, Cyprinidae) with the description of a new species of *Luciobarbus* Heckel, 1843 from Morocco. *Graellsia* 72 (2), 1–24.
- Doadrio, I., Casal-López, L., Perea, S. & Yahyaoui, A. (2016a).** Taxonomy of rheophilic *Luciobarbus* Heckel, 1842 (Actinopterygii, Cyprinidae) from Morocco with the description of two new species. *Graellsia* 72 (1), 1–17.
- Doung, T.Y., Nguyen, T.T., & Pham, T.L. (2017).** Morphological differentiation among cultured and wild *Clarias macrocephalus*, *C. macrocephalus* x *C. gariepinus* hybrids, and their parental species in the Mekong delta, Viet Nam. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5 (1), 233-240.
- Dumont H., (1981).** - Relict distribution patterns of aquatic animals: Another tool in evaluating late Pleistocene climate changes in the Sahara and Sahel. *Paleoecol. Afr.*, 14: 1-24.
- Durand, J. D., Tsigenopoulos, C. S., Ünlü, E., & Berrebi, P. (2002).** Phylogeny and biogeography of the family Cyprinidae in the Middle East inferred from cytochrome b DNA—evolutionary significance of this region. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 22(1), 91-100.

E

- Elliot**, N.G., Haskard, K., & Koslow, J.A. (1995). Morphometric analysis of the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) of the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*, 46, 202–220.
- Excoffier L.**, Smouse P.E., Quattro J.,(1992). Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: Application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131 :479-491

F

- Felsenstein**, J. (1981). Evolutionary trees from DNA sequences: a maximum likelihood approach. *Journal of molecular evolution*, 17(6), 368-376.
- Felsenstein**, J. (1984). Distance methods for inferring phylogenies: a justification. *Evolution*, 16-24.
- Fernando** CH, Holcik J. Fish dans le réservoir. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* (1991); 76: 149-167.
- Finlayson**, C.M. (1996). Cadre de conception d'un programme de suivi. In : Tomàs Vives, P. (ed.), *Suivi des Zones Humides Méditerranéennes - Guide Méthodologique*. Slimbridge & Lisbonne : MedWet, Wetlands International, pp.25-34.
- Francisco**, FO, Nunes-Silva, P., Francoy, TM, Wittmann, D., Imperatriz-Fonseca, VL, Arias, MC et Morgan, ED (2008) Outils morphométriques, biochimiques et moléculaires pour l'évaluation de la biodiversité: un exemple *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). *Insecte. Soc.* 55: 231-237
- Freyhof**, J., & Kottelat, M. (2007). Review of the *Alburnus mento* species group with description of two new species (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 18(3), 213.
- Froese** R et Pauly D,. (2000). *FishBase 2000 : concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines, 344 p.

Froese R. & Pauly D., (2010), FishBase. World wide web electronic publication.
www.fishbase.org, version (05/ 2010).

Fulton, T. W. (1904). The rate of growth of fishes. Twenty-second annual report, 141-241.

Furuya, V.R., M. Michelato, T.P.D. Cruz and W.M. Furuya, (2014). Length-weight relationships and prediction equations of body composition of farm raised *Astyanax aff. Fasciatus* (Actinopterygii: Characiformes: Characidae). *Zoologia Curitiba*, 31 : 521 -524.

G

Gante, H. F. (2011). Diversification of circum-Mediterranean barbels.

Gaouar, S. B. S. (2009). Etude de la biodiversité: Analyse de la variabilité génétique des races ovines algériennes & de leurs relations phylogénétiques par l'utilisation de microsatellites (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).

Gaston KA, Lauer TE. (2015) Variation morphométrique du macrochirus du crapet bleu *Leopomis* et du crapet vert *Lepomis cyanellus* dans les systèmes lentique et lotique. *Jnl. de Fish Biol.*; 86: 317–332.

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

Ghennam, K., (2011).-Les lichens dans l'Algérois, étude de leur biodiversité et biosurveillance par SIG de la qualité de l'air. Mémoire de Magistère en en écologie et environnement USTHB, Algérie, 84p.

Ghennam, K., (2012).- Rapport sur les lichens d'Algérie. Actualisation de la stratégie nationale de préservation et d'utilisation durable de la diversité biologique Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement. Algérie.

Gonçalves, J.M.S., Bentes, L., Lino, P.G., Ribeiro Canário, A.V.M., Erzini, K., (1997). Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. *Fisheries Research.*, 30:253-256.

Gottwald, M., Singh, N., Haubrich, A. N., Regett, S., & von der Emde, G. (2018). Electric-color sensing in weakly electric fish suggests color perception as a sensory concept beyond vision. *Current Biology*, 28(22), 3648-3653.

Graner, A., Ludwig, W. F., & Melchinger, A. E. (1994). Relationships among European barley germplasm: II. Comparison of RFLP and pedigree data. *Crop science*, 34(5), 1199-1205.

Grimes S., (2001).- Les aires marines protégées, passage obligé pour la préservation de la biodiversité marine d'Algérie ? Séminaire International d'Alger sur la biodiversité marine des pays musulmans. INOC/MPRH, 22-24 nov.2001, Alger (sous presse).

Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M. Boudjellal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaïdi N., Kerzabi F., Khelifi H., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M.Z. & Touahria T., (2004). Biodiversité marine et littorale algérienne. Sonatrach-LRSE. Eds. Sonatrach. 362 p + annexes.

Guichenot, A. (1850). Histoire naturelle des reptiles et des poissons, Imprimerie nationale.

Gurney, R. (1909). "X.—On the Fresh-water Crustacea of Algeria and Tunisia." *Journal of the Royal Microscopical Society* 29(3): 273-305.

H

Hadou-Sanoun G., Arab A., Lek-Ang S. et Lek S., (2012). Impact de *Ligula intestinalis*(L1758) (Cestode) sur la croissance de *Barbus setivimensis* (Cyprinidae) dans un système lacustre Algérien. *Comptes Rendus Biologie*, 335,4 :300-309.

Harrison, S. P. (1993). "Late Quaternary lake-level changes and climates of Australia." *Quaternary Science Reviews* 12(4): 211-231.

- Hellawell, J.M. (1991).** Development of a rationale for monitoring. In: Goldsmith, B. (ed.), *Monitoring for Conservation and Ecology*. Dordrecht: Springer, pp.1-14.
- Henkrar, F., El-Haddoury, J., Iraqi, D., Bendaou, N., & Udupa, S. M. (2017).** Allelic variation at high-molecular weight and low-molecular weight glutenin subunit genes in Moroccan bread wheat and durum wheat cultivars. *3 Biotech*, 7, 1-10.
- Hewitt, G. M. (1999).** Post-glacial re-colonization of European biota. *Biological journal of the Linnean Society*, 68(1-2), 87-112.
- Hewitt, G. (2000).** The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature*, 405(6789), 907-913.
- Howes G.J. (1987)** The phylogenetic position of the Yugoslavian Cyprinid fish genus *Aulopyge* Heckel, 1841, with an appraisal of the genus *Barbus* Cuvier & Cloquet, 1816, and the subfamily Cyprinidae, *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. Zool.* 52 165–196.
- Htun-Han, M. (1978).** The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *Journal of fish biology*, 13(3), 369-378.
- Hugueny, B., Oberdorff, T., & Tedesco, P. A. (2010).** Community ecology of river fishes: a large-scale perspective. In *American Fisheries Society Symposium* (Vol. 73, pp. 29-62).
- Hunt P.C. et Jones J.W., (1975)** - Apopulation study of *Barbus barbus* L. in the River Severn. England. III. Growth. *J. Fish. Biol.*p 7; 361-376.
- Hureau, J. C. (1970).** Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae) (Vol. 68). Musée océanographique.



Ihssen, P.E., Brooke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R., & Utter, F.M. (1981). Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*, 38, 1838- 1855.

J

Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.*, 44, 223-270.

Jain, S. K., Qualset, C. O., Bhatt, G. M., & Wu, K. K. (1975). Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheats 1. *Crop Science*, 15(5), 700-704.

Jiang, S., Xiong, Y., Zhang, L., Zhang, W., Zheng, Y., Wang, J., ... & Fu, H. (2022). Genetic diversity and Population structure assessment of 22 wild *Macrobrachium nipponense* populations across China: Implications for genetic resources protection and population management.

Jørgensen C, Fiksen Ø. (2006). State-dependent energy allocation in cod (*Gadus morhua*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 199: 186-199. DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/F05-209>.

K

Kara, H. M. (2012). Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. *European journal of wildlife research*, 58(1), 243-253.

Karali, A., & Echikh, F. (2005). L'aquaculture en Algérie. Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

Karp, A., Edwards, K. J., Bruford, M., Funk, S., Vosman, B., Morgante, M., & Hewitt, G. M. (1997). Molecular technologies for biodiversity evaluation: opportunities and challenges. *Nature biotechnology*, 15(7), 625-628.

- Kartas F., Quignard J. P., (1984)** [Fertility of teleost fishes]. Marine Biology Collection Masson, 121 pp.
- Keith, P., Persat, H., Feunteun, É., & Allardi, J. (2011).** Les poissons d'eau douce de France. Biotope.
- Kirankaya, S.G., F.G. Ekmekci, S. Yalcin-Ozdilek, B. Yogurtcuoglu and L. Gencog lu, (2014).** Condition, length-weight and length-length relationships for five fish species from Hirfanli Reservoir, Turkey. J. Fish. Sci. Com., 8: 208-213.
- Kirkpatrick, M. and N. H. Barton (1997).** "Evolution of a species' range." The American Naturalist 150(1): 1-23.
- Kolher, N.E., J.G. Casey and P.A. Turner, (1995).** Length-weight relationships for 13 species of sharks from the Western North Atlantic. Fish. Bull., 93: 412-418.
- Kováč, V., Copp, G.H., & Francis, M.P. (1999).** Morphometry of the stone loach *Barbatula barbatula* (L.): do mensural characters reflect the species' life history thresholds? Environmental Biology of Fishes, 56(1-2), 105–115.
- Kraiem, M. M. (1996).** The diet of *Barbus callensis* (Cyprinidae) in northern Tunisia. Cybium, 20(1), 75-85.

L

- Labiod, Z., et al. (2004).** "Traitement de la vase du barrage de Bouhanifia en vue de sa valorisation." LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782(3).
- Ladich, F. (2000).** Acoustic communication and the evolution of hearing in fishes. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 355(1401), 1285-1288.

- Lalita, A., Lili, W., & Pratiwy, F. M. (2022).** The Effect of Differences in the Addition of Astaxanthin and Several Sources of Natural β -carotene in Increasing Color Intensity of Koi Fish (*Cyprinus carpio* L.). *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 18(2), 38-47.
- Lamara, M. (2010).** Analyse comparative de la diversité génétique et de la structure des populations chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) à l'aide de marqueurs SSR, DArT et du pedigree (Doctoral dissertation, Université Laval).
- Lambert, Y., & Dutil, J. D. (1997).** Condition and energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during the collapse of the northern Gulf of St. Lawrence stock. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 54(10), 2388-2400.
- Le Berre, M. (1989).** Dynamique de l'occupation de l'espace saharien par les vertébrés aquatiques et terrestres (Doctoral dissertation, Lyon 1).
- Lebart L., Morineau A. et Tabard N. (1977) :** Techniques de la description statistique. Ed. Dunod. Paris.
- Lechner, W., Heiss, E., Schwaha, T., Glösmann, M., & Ladich, F. (2011).** Ontogenetic development of Weberian ossicles and hearing abilities in the African bullhead catfish. *PLoS One*, 6(4), e18511.
- Lévêque C, Paugy D, (1984).** Guide des poisons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'ouest. P : 9-15 ; 21-35 ; 46 ; 56-58 ; 69 ;72 :91-93
- Lévêque C, Paugy D. (2006).** Les poissons des eaux continentales africaines. Institut de Recherche pour le Développement. IRD Edition, Paris.
- Lévêque, C. and D. Paugy (2006).** "Caractéristiques générales de la faune ichtyologique."
- Lhonore, J. (2000).** Echantillonnages et inventaires. In Bezannier, F. (Coord.), Boulongne, R. (Réd.), *La Gestion des Pelouses Calcicoles. Actes du colloque de Blois des 27 et 28 novembre 1999.* Bulletin de Recherches Naturalistes en Région Centre-Val de Loire.

Libois R.M, Hallet-Libois C, (1988). Elements pour l'identification des restes craniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du nord de la France, Centre de recherches Archeologique du CNRS., p6-11

Lounaci, A., et al. (2000). Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology*, EDP Sciences.

M

Machordom, A., & Doadrio, I. (2001). Evidence of a Cenozoic Betic–Kabilian connection based on freshwater fish phylogeography (*Luciobarbus*, Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 18(2), 252-263.

Mayr, E. (1963). "The new versus the classical in science." *Science* 141(3583): 765-765.

McKenzie, D. J., Zhang, Y., Eliason, E. J., Schulte, P. M., Claireaux, G., Blasco, F. R., & Farrell, A. P. (2021). Intraspecific variation in tolerance of warming in fishes. *Journal of Fish Biology*, 98(6), 1536-1555.

Mebarki, M. (2001). Étude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (parc National du Djurdjura, Oued Sébaou et Oued Boghni), Tizi-ouzou.

Meddi M., Talia A., Martin C. (2009) Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). *Revue géographique physique et environnement*, Vol. 3, pp 61-84.

Meddour A., Meddour-Bouderda K., Brahim-Tazi N.A., Zouakh D. & Mehennaoui S., (2010) - Microscopie Electronique a Balayage des Parasites des Poissons du lac Oubeira – Algérie. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol.48 No.1 (2010),pp.129-141.

- Mediouni, K. (2000).**- Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité. Tome I à X. FEM/PNUD Projet ALG/97/G31. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Algérie.
- Meyer, A., (1987).** Phenotypic plasticity and heterochrony in *Cichlasoma managuense* (Pisces, Cichlidae) and their implication for speciation in cichlid fishes. *Evolution* 41, 1357-1369.
- Mimeche, F. (2014).** Écologie du barbeau de l'Algérie, *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (Pisces: Cyprinidae) dans le barrage d'EL K'sob (M'Sila) (Doctoral dissertation).
- Mir, J.I., Saxena, N., Patiyal, R.S., & Sahoo, P. K. (2015).** Phenotypic differentiation of *Barilius bendelisis* (Cypriniformes: Cyprinidae) in four rivers from Central Indian Himalaya. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 165-173.
- Morsi A. (2016)** Écologie du barbeau de l'Algérie, *Luciobarbus callensis* dans Oued El-Harrache et de ses affluents. Thèse de Doctorat en sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure de l'Agronomie- El-Harrache Alger. P 28 ;29
- Motamedi, M., Madjzadeh, S.M., Teimori, A., Esmaeli, H.R., & Mohsenzadeh, S. (2014).** Morphological and molecular perspective on geographical differentiation of *Barbus* populations (Actinopterygii: Cyprinidae) within Iranian freshwater drainages. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 339-351.
- Motoo Kimura, Tomoko Ohta.** The average number of generations until fixation of a mutant gene in a finite population, *Genetics*, Volume 61, Issue 3, 1 March (1969), Pages 763–771.
- Muhling, B., Lindegren, M., Clausen, L. W., Hobday, A., & Lehodey, P. (2017).** Impacts of climate change on pelagic fish and fisheries. *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*, 2, 771-814.
- Murta AG. (2000).** Variation morphologique du chinchard (*Trachurus trachurus*) dans l'Atlantique ibérique et nord-africain: implications pour l'identification des stocks. *Journal of Marine Science.*; 57: 1240-1248.

Muus B.J et P.Dahlstrom,. (1988) - Guide des poissons de mer et pêche. Editions Delachaux et Niestié SA., Neuchâtel, Suisse et Paris. p 5-9

Muus B.J et P.Dahlstrom,. (1991) - Guide des poissons d'eau douce et pêche. 4e édition., p 4-28

N

Nei, M. & Li, W. H. (1972). Total number of individuals affected by a single deleterious mutation in a finite population. *American Journal of Human Genetics*, 24(6 Pt 1), 667.

Nei, M. (1973). Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the national academy of sciences*, 70(12), 3321-3323.

Nei, M. (1987). *Molecular evolutionary genetics*. Columbia university press.

Nelson J.S., (1994) - *Fishes of the world*. Widely and Sons Inc., NewYork. P600

O

Oliva P.F.J., Andreu A et Torralva M., (2003) - Water quality affects the Condition of *Barbus sclateri* Günther, 1868 (Pisces, Cyprinidae) in semi-arid reservoirs from the Iberian Peninsula. *Anal. de Biologia*, 25: 3-11.

Oudjoudi, A. (2020). Diversité et structure de l'ichtyofaune des eaux continentales du bassin versant du Sébaou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Ould Rouis, S., Ould Rouis, A., Micha, J. C., & Arab, A. (2012). Reproductive biology of the Cyprinidae, *Barbus callensis* in an Algerian Dam. *Tropicultura*, 30, 88-93.

Ozcan, G., (2008). Length-weight relationships of five freshwater fish species from the Hatay Province, Turkey. *J. Fish. Sci. Com.*, 2: 51 -53.

Ozcan M. and U. Ispir, (2019). Length-Weight Relationships of *Luciobarbus pectorafis* from the Menzelet Dam Lake of Kahramanmaras. *Agricultural Journal* 14 (3): 35-39, 2019

Özdemir, F. (2015). Principle components analysis of two pairs of barbels species of the genus *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) in Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 47(3), 753-762.

D

Paugy, D., & Lévêque, C. (1999). Taxinomie et systématique. Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie et utilisation par l'homme. IRD, Paris, 97-119.

Paugy, D., Levêque, C., & Mouas, I. (2015). Poissons d'Afrique et peuples de l'eau. IRD Editions.

Pauly, D., (1993). Fishbyte Section. Editorial. *Naga. ICLARM Quarterly*. 16:26.

Pellegrin, J. (1921). Les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord française: Maroc, Algérie, Tunisie, Sahara, E. Larose.

Périat, G., Vonlanthen, P., Brodersen, J., Seehausen, O., Degiorgi, F., & Guillard, J. (2015). Étude du peuplement pisciaire du Lac de Joux et Brenet. Canton de Vaud.

Philippart J C., (1975) - Dynamique des populations de poissons d'eau douce non exploitées. In Lamotte M. et Bourlière F.- Problèmes d'écologie : la démographie des populations de vertébrés. Ed. Masson et Cie, Paris, : 291-394

Pinheiro, A., Teixeira, C.M., Rego, A.L., Marques, J.F., & Cabral, H.N. (2005). Genetic and morphological variation of *Solea lascaris* (Risso 1810) along the Portuguese coast. *Fisheries Research*, 73(1), 67-78.

Poncin P., Melard C.H. & Phillipart J.C., (1987) - Utilisation de la température et de la photopériode pour contrôler la maturation sexuelle en captivité de trois espèces de poissons cyprinidés européennes : *Barbus barbus* (L), *Leuciscus cephalus* (L) et *Tinca Tinca* (L). Résultats préliminaires. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (304) : 1-12.

Q

Rattanawanee, A., Chanchao, C. et Wongsiri, S. (2012) Analyse morphométrique géométrique de l'abeille géante (*Apis dorsata fabricius*, 1793) populations en Thaïlande. *J. Asia-Pac. Ent.* 15: 611-618

Reimchen, T. E., & Nosil, P. (2002). Temporal variation in divergent selection on spine number in threespine stickleback. *Evolution*, 56(12), 2472-2483.

Ritcher, H., Luckstadt, C., Focken, U., Becker, K., (2000). An improved procedure to assess fish condition on the basis of length–weight relationships. *Archive of Fishery and Marine Research* 48: 255–264.

Ricker, W.E., (1973). Linear regressions in fishery research. *Journal of Fisheries Research. Board Can.*30.409-434.

Roberts Jr, M. H., Diaz, R. J., Bender, M. E., & Huggett, R. J. (1975). Acute toxicity of chlorine to selected estuarine species. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(12), 2525-2528.

Robinson, B. W., Moles, M. D., Johnston, T. A., Leggett, W. C., & Casselman, J. M. (2008). Is gonadal investment in walleye (*Sander vitreus*) dependent on body lipid reserves? A multipopulation comparative analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(4), 600-614.

Rutaisire J, Booth AJ, Masembe C, Nyakaana S, Muwanika VB. (2005). Morphometric and genetic differentiation of two *Labeo victorianus* populations in L. Victoria. *Journal of African Zoology*.;40:309- 317.

S

- Sah, S., Barat, A., Pande, A., Sati, J. et Goel, C. (2011)** Structure de la population de la truite de colline indienne (*Barilius bendelisis*) Déduit de la variation des séquences d'ADN mitochondrial. *Progrès de la recherche biologique*. 5 (2): 93-98
- Sahoo, B., Das, G., Nandanpawar, P., Priyadarshini, N., Sahoo, L., Meher, P. K., ... & Das, P. (2023).** Genetic diversity and genome-scale population structure of wild Indian major carp, *Labeo catla* (Hamilton, 1822), revealed by genotyping-by-sequencing. *Frontiers in Genetics*, 14, 1166385.
- Saitou, N., & Nei, M. (1987).** The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular biology and evolution*, 4(4), 406-425.
- Scheid, P., Pelster, B., & Kobayashi, H. (1990).** Gas exchange in the fish swimbladder. *Oxygen Transport to Tissue XII*, 735-742.
- Serdar, O. and E.I. Ozcan, (2016).** Length-weight and length-length relationships of *Ca poeta umbra* in the Karasu River (East Anatolia, Turkey). *Aegean J. Fish. Aquat. Sci.*, 33: 413-416.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949)** *The Mathematical Theory of Communication* . University of Illinois Press, Urbana.
- Silva, T. S.D.C., L.D.D. Santos, L.C.R.D. Silva, M. Michelato and V.R.B. Furuya. (2015).** Length-weight relationship and prediction equations of body composition for growing-finishing cage-farmed Nile tilapia. *Rev. Bras. de Zootecnia*, 44: 133-137
- Simoneau, P. and P. QUÉZEL (1960).** "Quelques aspects de la végétation des terrains salés des plaines sub-littorales de l'Oranie Orientale." *Bulletin de l'Institut National d'Agriculture, d'Alger*(6): 15-30.
- Smith, T.B. & Skulason, S. (1996).** Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, amphibians, and birds. *Annual Review of Ecology & Systematics* 27: 111-133.

Sokal, R. R & Michener, C. D., (1957). A quantitative approach to a problem in classification. *Evolution*, 11(2), 130-162.

Sokal, R. R., & Michener, C. D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *University of Kansas Science Bulletin*, 38, 1409-1438.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J., (1987). - Introduction to biostatistics. Freeman & Co. 365pp.

Soleimani, V. D., Baum, B. R., & Johnson, D. A. (2007). Analysis of genetic diversity in barley cultivars reveals incongruence between S-SAP, SNP and pedigree data. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 83-97.

Solignac M., Periquet G., Anxolabéhère D et Petit C. (1995). Génétique et évolution Tome II. L'espèce, l'évolution moléculaire. Collection Méthodes ; Hermann, Editeurs des Sciences et des Arts. 367pp.

Sörensen, W. (1895). Are the extrinsic muscles of the air-bladder in some Siluroidae and the "elastic spring" apparatus of others subordinate to the voluntary production of sounds? What is, according to our present knowledge, the function of the Weberian ossicles?: a contribution to the biology of fishes. *Journal of anatomy and Physiology*, 29(Pt 4), 518.

Stearns, S.C., (1983). A natural experiment in life-history evolution: field data on the introduction of mosquitofish (*Gambusia affinis*) to Hawaii. *Evolution* 37, 601-617.

Stiassny, M. and N. Raminosa (1994). "The fishes of the inland waters of Madagascar." *Annales-Musee Royal de l'Afrique Centrale. Sciences Zoologiques (Belgium)* ISSN 0770-4666.

Sydenham, D. (1977). "The qualitative composition and longitudinal zonation of the fish fauna of the River Ogun, Western Nigeria."

T

- Taleb, A., et al. (2008).** "The role of the hyporheic zone in the nitrogen dynamics of a semi-arid gravel bed stream located downstream of a heavily polluted reservoir (Tafna wadi, Algeria)." *River research and applications* 24(2): 183-196.
- Tazerouti F., (1993)-** Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction d'un poisson Téléostéen, cyprinidé d'eau douce *Barbus callensis*. (Valenciennes, 1842). Mem. Magist. USTHB., Alger. 135 p.
- Tesch, F. W., (1971):** Age and growth. In: *Methods for assesment of fish production in fresh waters*. W. E. Ricker (Ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 99–130.
- Tinker, N. A., & Deyl, J. K. (2005).** A curated internet database of oat pedigrees. *Crop science*, 45(6), 2269-2272.
- Tinker, N. A., Fortin, M. G., & Mather, D. E. (1993).** Random amplified polymorphic DNA and pedigree relationships in spring barley. *Theoretical and applied genetics*, 85, 976-984.
- Touahria T., Seridji,R., (2010)-** Preliminary results of *PseudoNitzschia delicatissima* complex, *Pseudonitzschia multistriata*, red tide dinoflagellates and ciliates bloom in Algiers bay (May 2009). Communication affichée présentée au 2e colloque International Biodiversité et Ecosystèmes Littoraux. 28-30 Novembre 2010.
- Tsigenopoulos, C. S., & Berrebi, P. (2000).** Molecular phylogeny of North Mediterranean freshwater barbs (genus *Barbus*: Cyprinidae) inferred from cytochrome b sequences: biogeographic and systematic implications. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 14(2), 165-179.
- Tsigenopoulos C.S., Durand J.D., Ünlü E.& Berrebi P., (2003) -** Rapid radiation of the Mediterranean *Luciobarbus* species (Cyprinidae) after the Messinian salinity crisis of the Mediterranean Sea, inferred from mitochondrial phylogenetic analysis. *Biol. J. Linn. Soc.* 80,207-222.

- Tsigenopoulos, C. S., Kasapidis, P., & Berrebi, P. (2010).** Phylogenetic relationships of hexaploid large-sized barbs (genus *Labeobarbus*, Cyprinidae) based on mtDNA data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 56(2), 851-856.
- Tudela, S. (1999).** Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. *Fisheries Research*, 42, 229-243.
- Turan, D., Kottelat, M., Kirankaya, Ş.G., & Engin, S. (2006).** *Capoeta ekmekciae*, a new species of cyprinid fish from northeastern Anatolia (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 17(2), 147-156.
- ▼
- Valentin, Guillaume.** *Chemokine receptors orchestrate collective cell migration in the zebrafish lateral line*. 2009. Thèse de doctorat. Montpellier 2.
- Varadi L., Hidas A., Varkonyi E., et Horvath L., (1993).** Interesting phenomena in hybridization of carp (*Cyprinus carpio*) and rosy barb (*Barbus conchionius*). *Aquaculture*, vol, 129 (1-4) : 211-214.
- Vatandoust, S., Abdoli, A., Anvarifar, H., & Mousavi-Samet, H. (2014).** Morphometric and meristic characteristics and morphological differentiation among five populations of Brown Trout *Salmo trutta fario* (Pisces: Salmonidae) along the southern Caspian Sea basin. *European Journal of Zoological Research*, 3(2), 56-65.
- Véla, E., Benhouhou, S., (2007).** -Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale, dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C. R. Biologies* 330 (2007) 589 605.
- Verep B, Turan D, Kovà V. (2006).** Résultats préliminaires sur la morphométrie de Barbel (*Barbus tauricus* Kessler, 1877) dans les ruisseaux de Rize et Artvin (Turquie). *Journal turc des sciences halieutiques et aquatiques*. 6 (1).

Vieira, E. A., Carvalho, F. I. F. D., Bertan, I., Kopp, M. M., Zimmer, P. D., Benin, G., & Oliveira, A. C. D. (2007). Association between genetic distances in wheat (*Triticum aestivum* L.) as estimated by AFLP and morphological markers. *Genetics and Molecular Biology*, 30, 392-399.

W

Webb, P.W. (1982). Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. *American Zoologist* 22: 329-342.

Weir, B. S., & Basten, C. J. (1990). A Biometrics Invited Paper with Discussion. Sampling Strategies for Distances between DNA Sequences. *Biometrics*, 551-582.

Weir, B. S., & Hill, W. G. (1996). *Genetic data analysis II (Vol. 2)*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Whitfield, CW, Behura, SK, Berlocher, SH, Clark, AG, Johnston, JS, Sheppard, WS, Smith, DR, Suarez, AV, Weaver, D. et Tsutsui, ND (2006) Trois fois hors d'Afrique: expansion ancienne et récente de l'abeille domestique, *Apis mellifera*. *Science*. 314: 642-645
Wimberger, PH (1992) Plasticité de la forme du corps du poisson

Wright, S. (1951). The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15, 323-354.

Wright, S. (1965). The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution*, 395-420.

Wright, S. (1978). *Evolution and the Genetics of Populations, Vol. 4: Variability within and among Natural Populations*. University of Chicago Press, Chicago.

Z

Zengin, M., Polat N, & Saygin, S. (2015). Investigation of some morphometric and otolith features of *Engraulis encrasicolus* L., 1758 fished in Blacksea and Marmara Sea. *Biological Diversity and Conservation*, 8(1), 62-68.

Zouakh, D.-E. (1995). Étude des macroinvertébrés et des poissons de l'Oued El-Harrach et de ses affluents appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux.

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