

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté des sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques et de l'Environnement

Mémoire de fin de cycle

En vue d'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures Master II

Option: Reproduction et Biotechnologie Animale

Thème

**Etude de la dynamique testiculaire de l'espèce
Barbus callensis en fonction des paramètres
macroscopiques et microscopiques.**

Réalisé par:

- M^{me} : Bakour -Kherraz Amira

Devant le jury:

Président: M^r Iguerouada M. (MCA UAMB)

Promotrice: M^{me} kadji-Djoudad H. (MAA UAMB)

Examinatrice: M^{me} Natouri N. (MAA UAMB)

Examineur: M^r Nait Mouloud M. (MAB UAMB)

2011-2012

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Poisson osseux « A » morphologie. « B » anatomie interne	02
Figure 2 : Aire géographique de <i>B. callensis</i>	05
Figure 3 : <i>Barbus callensis</i> . « A » présentation photographique, « B » présentation schématique.....	07
Figure 4: (A) représentation schématique de deux types de structures testiculaires rencontrées chez les téléostéens	11
Figure 5 : Réseau principal et affluents de la Soummam	15
Figure 6: méthode de calcul des diamètres des tubes séminifères.....	20
Figure 7 : Illustration des stades évolutifs de la spermatogenèse chez <i>Barbus callensis</i>	23
Figure 8: Courbe représentant les variations de nombre des tubes séminifères en fonction du temps.....	25
Figure 9: Courbe représentative des variations du diamètre des tubes séminifères en fonction du temps chez le <i>Barbus barbus callensis</i>	26
Figure 10: Interaction : Nombre de tubes séminifères / Moyenne des diamètres. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.....	27
Figure 11 : Analyse en composantes principales de la distribution des saisons sur la base des diamètres des tubes séminifères de <i>Barbus callensis</i>	28
Figure 12 : Classification hiérarchique ascendante des saisons en se basant sur les diamètres des tubes séminifères obtenue par des distances Euclidiennes.....	30
Figure 13 : Analyse en composantes principales de la distribution des mois sur la base des diamètres des tubes séminifères de <i>Barbus callensis</i>	31
Figure 14 : Interaction : Nombre de tubes séminifères / RGS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons	32
Figure 15 : Interaction : Moyenne des diamètres des tubes séminifères / RGS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.....	33
Figure 16 : Interaction : Nombre de tubes séminifères / RGS / RHS / RTDS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.....	34
Figure 17 : Interaction : Moyenne des diamètres des tubes séminifères / RGS / RHS / RTDS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.....	35

Figure 18 : Nuages de points des régressions simples obtenus respectivement de l'analyse des couplets : NBR_TUB/MOY_DT. RGS/NBR_TUB ; RGS/MOY_DT ; RHS/NBR_TUB ; RHS/MOY_DT ; RTDS/NBR_TUB ; RTDS/MOY_DT.....	37
Figure 19 : Cercle de corrélation des paramètres : RGS ; RHS ; RTDS ; MOY_TUB ; NBR_TUB.....	39
Figure 20 : Classification hiérarchique ascendante obtenue par des distances Euclidiennes des Dist. Euclidiennes (rgs rhs rtds dt nbr).....	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple d'une partie d'une fiche technique pour le comptage des tubes séminifères et le calcul de leurs diamètres pour le mois de mars 2010 sur les lames histologiques de deux testicules.	21
Tableau 2 : Matrice de distances entre saisons en se basant sur les diamètres des tubes séminifères obtenue par la CAH à distance Euclidiennes.....	30
Tableau 3: Matrice de distances entre paramètres obtenue par la CAH à distance Euclidiennes. (rgs rhs rtds dt nbr).....	40

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP: analyse en composantes principales

CAH : classification ascendante hiérarchique

°C : degré Celsius

Cm: centimètres

Km : kilomètre

MOY_DT : La moyenne des diamètres des tubes séminifères

µm : micromètre

NBR_TUB : Le nombre de tubes séminifères

RGS: rapport gonadosomatique

RHS : rapport hépatosomatique

RTDS: rapport du tube digestif

Sec: seconde

SGA: spermatogonies type A

SGB: spermatogonies type B

SPC I : spermatoocytes primaires

SPC II : spermatoocytes de secondaires

SPD : spermatides

SPZ : spermatozoïdes

SPZNE : spermatozoïdes non émis

T IT : tissu interstitiel

TS: tube séminifère

UICN : union internationale pour la conservation de la nature

SOMMAIRE

Liste des figures et des tableaux

Liste des abréviations

INTRODUCTION.....01

Chapitre I : Revue bibliographique

I.1. GENERALITES SUR LES POISSONS.....	02
I.1.1. Description.....	02
I.1.2. Classification.....	03
I.1.3. Présentation des poissons Téléostéens.....	03
I.1.3.1. Principaux caractères morphologiques.....	03
I.1.3.2. Anatomie.....	03
I.2. PRESENTATION DU GENRE <i>BARBUS</i> ET DE L'ESPECE <i>CALLENSIS</i>.....	04
I.2.1. Répartition géographique.....	04
I.2.2. Position systématique.....	06
I.2.3. Description morphologique.....	06
I.2.4. Ecologie.....	07
I.1.5. Habitudes alimentaires.....	08
I.1.6. Croissance.....	08
I.1.7. Reproduction.....	08
I.1.7.1. Mode de reproduction chez les téléostéens.....	08
I.1.7.2. Cycle de reproduction des barbeaux.....	09
I.1.7.2.1. Rôles des facteurs environnementaux.....	09
I.1.7.2.2. Période de frai.....	09
I.1.7.2.3. Comportement sexuel : parade nuptiale.....	09
I.1.7.2.4. Physiologie des testicules.....	10
I.1.7.2.5. Gamétogenèse chez le mâle.....	12
A. Spermatogenèse.....	12
B. Spermiation.....	12
I.1.7.2.6. Evaluation de la maturation des gonades mâles.....	13

Chapitre II : Partie expérimentale

II.1.MATERIELS ET METHODES.....	15
II.1.1. Présentation de la zone d'échantillonnage.....	15
II .1.2. Etude macroscopique.....	16
II.1.2.1. Détermination de la période de ponte.....	16
II.1.2.2. Détermination des rapports hépatosomatique et du tube digestif.....	16
II.1.3. Préparation des lames histologiques.....	17
II.1.3.1. Fixation.....	17
II.1.3.2.Coloration des coupes.....	18
II.1.3.3. Déshydrations et Montage.....	18
II.1.4. Méthodologie suivie pour les mensurations testiculaires.....	18
II.1.4.1. Paramètres histologiques mesurés.....	18
II.1.4.2. Méthode de comptage.....	19
II.1.4.3. Prise de photos.....	19
II.1.4.4.Méthode de mensuration.....	19
II.1.4.5.Organisation des données.....	20
II.1.5. Etude statistique.....	21
II.2. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	23
II.2.1. Stades du développement testiculaire.....	23
II.2.2. Variation du nombre de tubes séminifères en fonction des mois.....	25
II.2.3. Variation des diamètres des tubes séminifères en fonction des mois.....	26
II.2.4. Interaction entre le nombre et le diamètre des tubes séminifères en fonction des mois et des saisons.....	27
II.2.5. Distribution des saisons sur la base des diamètres des tubes séminifères de <i>Barbus callensis</i>	28
II.2.6. Distribution des mois sur la base des diamètres des tubes séminifères de <i>Barbus callensis</i>	31
II.2.7. Interaction entre le nombre de tubes séminifères et le RGS en fonction des mois et des saisons.....	32
II.2.8. Interaction entre la moyenne des diamètres des tubes séminifères et le RGS en fonction des mois et des saisons.....	33
II.2.9. Interaction entre le nombre de tubes séminifères avec le RHS et le RTDS en fonction des mois et des saisons.....	34

II.2.10. Interaction entre la moyenne des diamètres des tubes séminifères avec le RHS et le RTDS en fonction des mois et des saisons.....	35
II.2.11. Analyse par une régression simple des différentes variations.....	36
II.2.12. Analyse en composantes principales des différents paramètres étudiés...	39
CONCLUSION.....	43
Références bibliographiques.....	44

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents, qui sans leur amour et soutien, je ne serais pas ici, parmi vous ;

A mes sœurs : Ryma et son mari Hakim, Amel, Aida et Ferial, avec tout l'amour que je leur porte ;

A mon petit frère Oussama en témoignage de mon affection ;

A mon mari qui a toujours été là pour moi ;

A ma belle famille, ma seconde famille ;

A ma grand-mère, que dieu lui accorde une longue vie ;

A mes oncles Said, Mabrouk et Abd-Rahmane et leurs famille ;

A tout mes amis que j'ai oublié de citer.

INTRODUCTION

La position géographique privilégiée de l'Algérie, son exposition sur la Méditerranée au Nord, la diversité de son relief ainsi que l'importance de son réseau hydrographique expliquent la diversité et l'endémisme de son ichtyofaune.

Les poissons des eaux continentales Algériennes représentent 45 espèces dont 29 sont autochtones et 16 introduites, caractérisés par la prédominance des Cyprinidae avec 24% de nos cours d'eau (Bacha et Amara, 2007). *Barbus barbus callensis*, notre modèle d'étude y fait partie.

Les études qui ont porté sur cette espèce, ou du moins, sur le genre *barbus* étaient d'ordre systématique, on peut citer les travaux d'Almaça (1969, 1970), de Berrebi (1981, 1996) et de Doadrio (1994, 1998), ou encore des mémoires et des thèses ayant concerné les aspects physiologiques de ce cyprinidé (Cherghou, 2002 ; Bouhbouh, 2002 ; Kraiem, 1983, 1996, Debbou 2008, Aberkane, 2010). Ces dernières sont faites dans le but de l'éventuelle préservation ou la valorisation du potentiel de cet animal. Pour cela, la connaissance prodigieuse des mécanismes de régulation de la fonction de reproduction, semble le facteur primordial pour une meilleure maîtrise de celle-ci.

Sur la base des monographies réalisées sur la physiologie de la reproduction chez le mâle du barbeau, nous nous sommes inscrits dans une optique de travail consacrée à l'étude des gonades mâles du *Barbus callensis*, en fixant pour objectif principal l'étude de la dynamique testiculaire en fonction du temps et des paramètres liés à l'individu.

Le premier axe de notre approche serait d'ordre macroscopique, qui consistera à considérer les rapports : gonado-somatique, hépato-somatique et du tube digestif. Ils représentent les variations du poids des gonades, du foie et du tube digestif par rapport au poids du poisson respectivement. C'est le moyen le plus usuel de quantification de la dynamique de ces paramètres.

La microscopie, constituera le second axe de notre partie expérimentale. Le calcul du nombre ainsi que le diamètre des tubes séminifères, sont les paramètres biométriques à évaluer sur des lames histologiques des testicules du poisson.

Des corrélations entre ces deux axes, sont alors discutées sur la base d'études statistiques descriptives puis confirmées par des analyses bivariées et multivariées.

I.1. GENERALITES SUR LES POISSONS

I.1.1. Description

Un poisson typique est « à sang froid », possède un corps allongé généralement recouvert d'écailles, il extrait le dioxygène de l'eau en utilisant ses branchies ou un organe respiratoire annexe lui permettant de respirer le dioxygène atmosphérique (l'anguille électrique) ; il possède deux paires de nageoires, les nageoires pelviennes et latérales, habituellement une ou deux (l'Athérine) et plus rarement trois (le Triptérygion) nageoires dorsales, une nageoire anale et une nageoire caudale. Dans la figure 1 on trouve l'illustration de la morphologie et l'anatomie interne d'un poisson osseux.

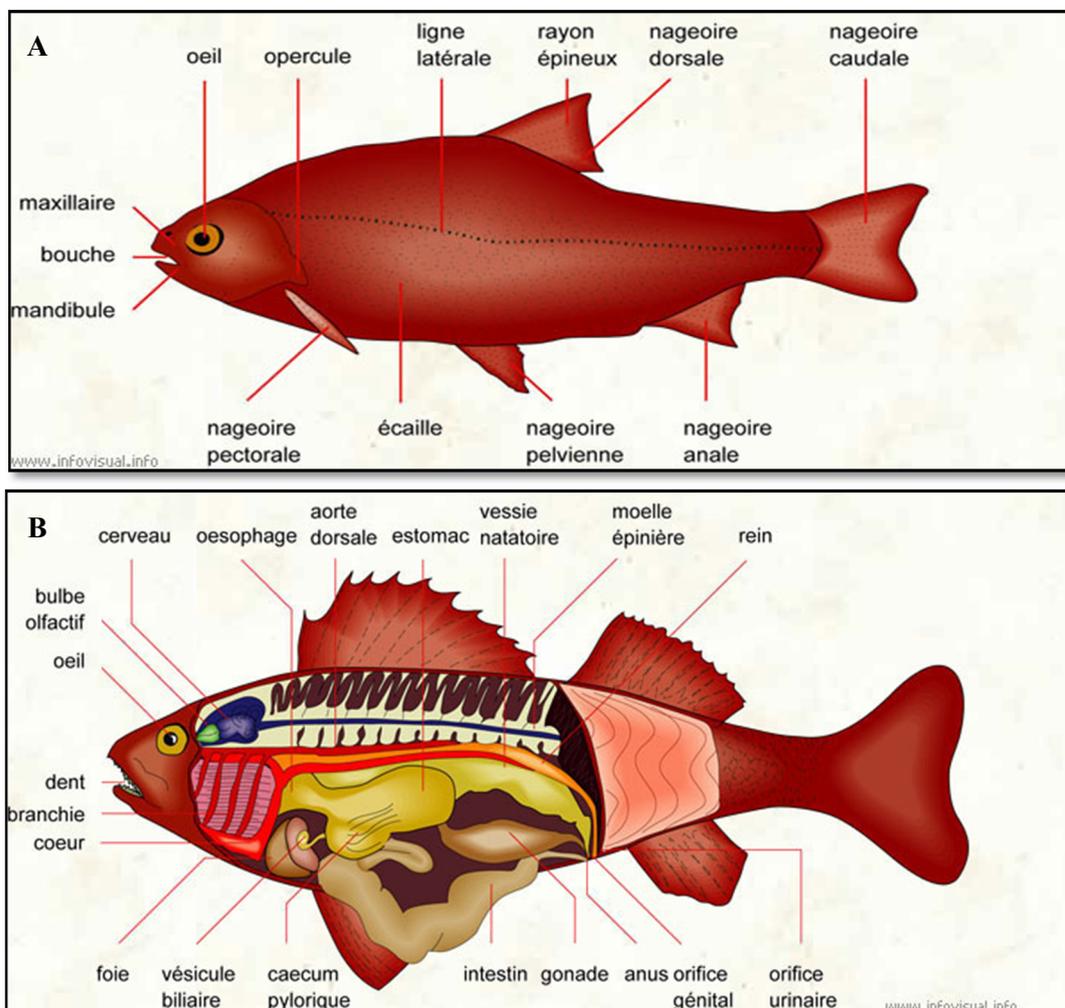


Figure 1 : Poisson osseux « A » morphologie. « B » anatomie interne (WWW.infovisual.info).

I.1.2. Classification

Les poissons sont classés parmi les animaux vertébrés aquatiques, ils forment un groupe complexe et très diversifié. On prédit que le nombre total d'espèces de poissons en existence serait de 32 500 (Nelson, 2006) réparties en 3 super ordres :

✓ **Les Holostéens** : comprennent surtout des formes fossiles et sont représentés par les genres actuels *Lepisosteus* et *Amia*, tous deux dulcicoles (Francon, 1969).

✓ **Les Chondrostéens** : poissons cartilagineux formé d'environ 970 requins, raies et chimères.

✓ **Les Téléostéens** : poissons osseux qui représentent un remarquable succès évolutif par leur diversité morphologique, biologique et écologique. Avec environ 27 000 espèces dont la plus grande famille est la famille des Cyprinidés dont fait parti le genre *Barbus* (Nelson, 2006). Ils constituent le groupe de poissons le plus nombreux, il compte à peu près autant d'espèces que tous les autres Vertébrés réunis.

I.1.3. Présentation des poissons Téléostéens

I.1.3.1. Principaux caractères morphologiques

On trouve des Téléostéens dans tous les milieux aquatiques, marins ou dulçaquicoles, dans les zones abyssales comme dans les torrents de montagnes, sous les tropiques comme dans les régions polaires (Marshall, 1970).

Parmi les caractères morphologiques importants, on cite :

-
- ✓ Les écailles ganoïdes qui se réduisent à une mince lame d'os.
 - ✓ Un enfoncement des os dermiques du crâne.
 - ✓ Un squelette caudal compact...
-

Beaucoup de spécialistes considèrent la structure de la nageoire caudale comme le meilleur caractère pour le diagnostique des Téléostéens (W. A. Gosline, 1971).

I.1.3.2. Anatomie

La forme générale des Téléostéens est extraordinairement variée, de la morphologie typiquement pisciforme très répandue (Hareng, Truite, Thon, Cyprin),

elle peut se modifier énormément par allongement, raccourcissement, aplatissement latéral ou dorso-ventral, par extension, réduction ou disparition des nageoires qui peuvent changer la silhouette du poisson (W. A. Gosline, 1971).

I.2. PRESENTATION DU GENRE *BARBUS* ET DE L'ESPECE *CALLENSIS*

I.2.1. Répartition géographique

Le genre *Barbus* fait partie de la famille des cyprinidés qui compte environ 2000 espèces réparties en 340 genres. (Rafael & Doadrio, 1998). Poisson des eaux douces, il est représenté aussi bien en Asie et en Europe qu'au nord d'Afrique. Ce genre présente une grande variabilité génotypique et phénotypique, il comptabilise à lui seul environ 800 espèces. (Cuvier, 1817).

Ce genre regroupe 18 à 25 espèces européennes et 33 espèces Africaines (Bruslé et Quignard, 2001). La majeure partie est présente en Europe occidentale (Flammarion, 2000). En 1976, Almaça a signalé des affinités entre les *Barbus* ibériques et les *Barbus* nord-africains notamment entre *Barbus bocagei* et *Barbus Callensis* qui montrent une ressemblance des caractéristiques morphologiques de grande valeur taxonomique. En effet, la forme du corps et de la tête, les écailles, les barbillons, la nageoire dorsale et son dernier rayon osseux, etc., montrent les affinités étroites entre ces deux ensembles d'espèces (Almaça C., 1976).

Les populations naturelles du *Barbus callensis* s'étendent sur les eaux continentales du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie (Figure 2). Il est plutôt abondant dans L'Oued El-Kebir dans l'Est de l'Algérie, en amont de l'Oued Medjerda et ses affluents (Oued Tessa, Oued Mellegue, Oued siliana...) et dans de nombreux oueds du Nord-Ouest tunisien (Wikipédia, 2012).

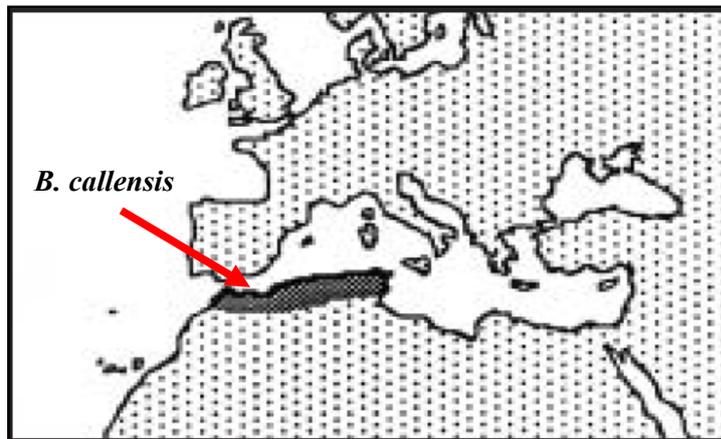


Figure 2 : Aire géographique de *B. callensis* (Chaouachi et Ben Hassine, 1998).

Concernant leurs populations dans les retenues artificielles, on peut distinguer une prolifération de cette espèce dans certains barrages, tels que Bir Mcherga, alors que dans d'autres, leur nombre est plutôt en diminution, tels que le barrage de Sidi Salem. Ceci est probablement dû aux rapports trophiques existants au sein de ses deux écosystèmes, où le Barbeau est tantôt au sommet de la pyramide trophique (Bir Mcherga), tantôt considéré comme un poisson fourrage (prédateurs introduits : Sandre, silure...) (Barrage de Sidi Salem). Cette espèce est aussi cultivée dans les systèmes aquatiques du Sahara notamment à la vallée du Saoura et le Tassili.

La vitesse du courant de l'eau est un élément important dans la distribution du Barbeau (Huet, 1954).

I.2.2. Position systématique

Plusieurs méthodes de classifications basées sur les caractères morphologiques et anatomiques ont été proposées. Pour ce travail on a retenu celle établie par Nelson en 1994 :

-
- ✓ **Phylum** : Cordes
 - ✓ **Classe** : Osteichthyens
 - ✓ **Sous-classe** : Actinopterygiens
 - ✓ **Infra-classe** : Teleosteens
 - ✓ **Ordre** : Cypriniformes
 - ✓ **Sous-ordre** : Cyprinoides
 - ✓ **Famille** : Cyprinides
 - ✓ **Genre** : *Barbus*
 - ✓ **Espèce** : *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842)
-

1.2.3. Description morphologique

L'espèce *B. callensis* tire son nom du lieu où le premier spécimen a été décrit, à savoir le lac Calle en Algérie (Djemalli, 2005). Ce poisson possède un corps allongé cylindrique et fin, qui lui donne un profil ventral plat et dos bombé sur lequel on distingue une nageoire dorsale portant 4 rayons simples osseux, à dernier denticulé (Kraiem, 1994), dont la forme et les dimensions servent de critères de classification. (Bouhbouh, 2002). Avec un museau allongé, un petit œil (Coppis, 2011) et une bouche inférieure bordée de lèvres charnues et mobiles, munie de deux paires de barbillons sur le bord de la lèvre supérieure, qui lui prêtent le nom de Barbeau bien qu'ils servent à fouiller les fonds de sable et de gravier (Kraiem, 1983). (Figure 3). Il possède des os pharyngiens bien développés et pourvus de dents disposées en 3 rangs. Son corps est recouvert de petites écailles cycloïdes qui laissent apparaître une ligne latérale complète de 55 à 65 écailles. Sa couleur est d'un gris-vert sur le dos qui s'éclaircit sur les flancs, pour devenir blanche sur le ventre, particulièrement à la racine des nageoires (Kraiem, 1994).

C'est un poisson de taille modeste ne dépassant pas les 30 cm pour un poids de 800 g et une longévité qui tend jusqu'à 25 ans (Wikipédia, 2012).

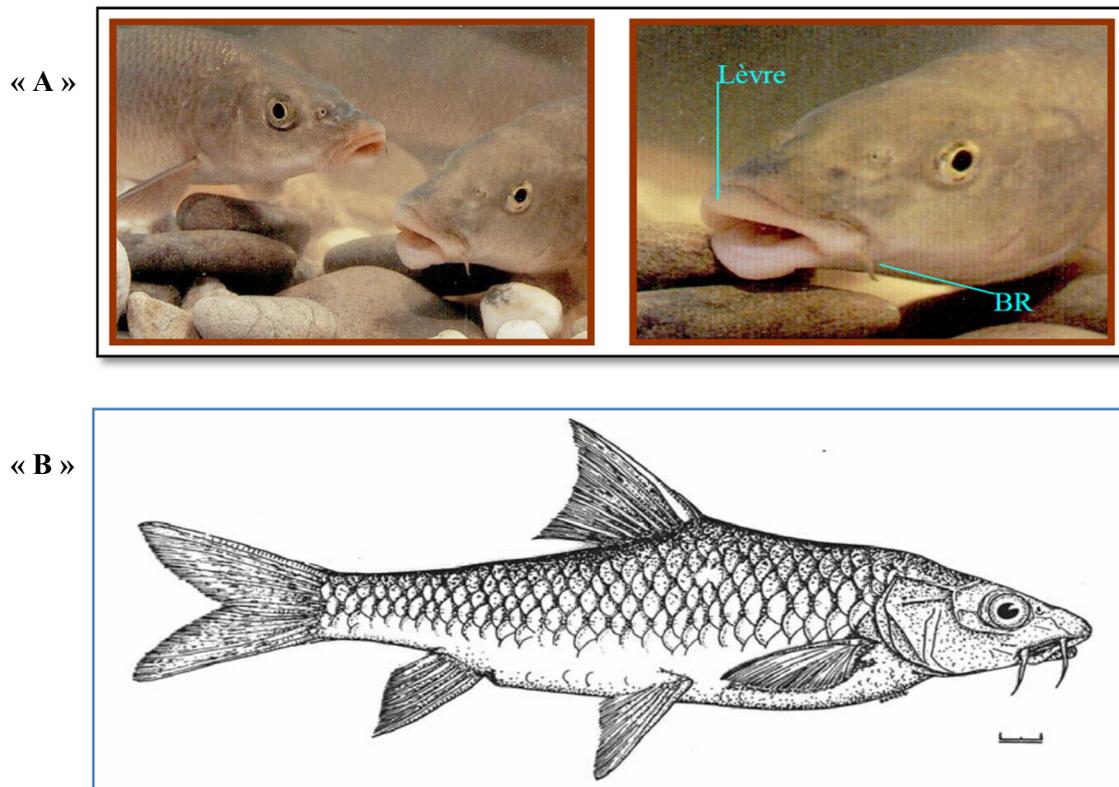


Figure 3 : *Barbus callensis* (Bouhbouh, 2002).
« A » présentation photographique, « B » présentation schématique.

I.2.4. Ecologie

Le barbeau est un genre rhéophile, il fréquente les rivières à courant rapide et à eau vive, pure et bien oxygénée ($>2,5\text{mg/l}$), présentant un fond rocheux, caillouteux, graveleux ou sableux.

Le barbeau est un poisson benthique et fouisseur, très grégaire : il vit en banc dans le courant sur les fonds. Certaines populations sont sédentaires d'autres migratrices surtout en période de reproduction (Baras et Philippart, 1989).

Les rythmes d'activité des barbeaux varient en fonction de la température donc des saisons : en été, il atteint un pic à l'aube et au crépuscule, en hiver une baisse d'activité est observée (Baras, 1993,1995a), et toute activité trophique cesse en dessous de 4°c .

I.1.5. Habitudes alimentaires

L'étude du régime alimentaire du *B. callensis* a montré que son activité alimentaire suit un rythme saisonnier. Le printemps et l'été sont les saisons où le poisson a une activité alimentaires intense, alors que durant l'automne et l'hiver, ainsi qu'en période de reproduction, son activité alimentaire se trouve réduite ou parfois absente, cela est dû au manque de nourriture ou au volume important des gonades en période de reproduction. Ce que confirment les taux de vacuité élevés observés au cours des saisons (Cherghou S. et al, 2002).

Le barbeau présente un spectre alimentaire très large et diversifié en fonction de l'âge et de la taille du poisson. Il est micro-zoo-benthophage à l'état jeune puis benthophage en vieillissant (Kraiem, 1996). Son régime alimentaire est composé essentiellement de larves de diptères, d'éphéméroptères, de gammaridés et de matière végétale. La tendance zoophage (larves d'insectes) qui caractérise les jeunes individus (moins de 13 cm de longueur) et ichtyophage chez les adultes (Kraiem, 1996) les classent parmi les omnivores.

I.1.6. Croissance

L'espérance de vie chez le genre *Barbus* est de 12 ans pour la femelle et 10 ans pour le mâle. Il a deux phases de croissance : juvénile et adulte, dont la croissance en taille suit un modèle linéaire rapide chez les jeunes et diminue avec l'âge, la croissance pondérale varie en sens inverse (Bouhbouh, 2002).

I.1.7. Reproduction

1.1.7.1. Mode de reproduction chez les téléostéens

Les poissons manifestent une extrême diversité dans leurs modes de reproduction. Les téléostéens sont typiquement unisexués. Pourtant, dans quelques groupes, existe un hermaphrodisme plus ou moins régulier, il peut être transitoire et non fonctionnel chez les jeunes Anguilles, ou constitue une règle chez certaines Serranidés. Il semble que les poissons doivent atteindre un certain développement corporel ou un certain âge pour devenir sexuellement matures (G. V. Lauder & K. F. Liem).

La puberté est la phase transitoire durant laquelle les différents éléments se mettent en place pour la réalisation de la première reproduction. La causalité de son déclenchement est encore mal élucidée, mais ce phénomène dépend aussi des facteurs du milieu ayant une action sur le métabolisme ou la croissance, tels que la température ou l'alimentation (Kausch, 1975).

1.1.7.2. Cycle de reproduction des barbeaux

1.1.7.2.1. Rôles des facteurs environnementaux

Le cycle reproducteur comprend principalement deux phases : la gamétogénèse et la période de frai (Billard et Breton, 1981) qui sont régis par les systèmes endocriniens et neuroendocriniens (De Vlaming, 1974), ces derniers répondent aux variations des facteurs de stimulation environnementaux (De Vlaming, 1974; Billard, 1986).

L'augmentation printanière de la température de l'eau, associée à l'accroissement de la photopériode sont les principales variations de l'environnement qui déterminent les périodes de pontes des espèces se reproduisant entre les mois de janvier et juillet (Billard, 1981, 1982): chaque espèce répond à une température assez précise qui détermine le début de frai. Ce dernier est souvent précédé de migration plus ou moins importantes vers les zones de pontes comme celle observée chez le barbeau qui se déplace sur quelques kilomètres (Philippart, 1977 ; Baras, 1992).

1.1.7.2.2. Période de frai

Le barbeau fraie une fois par an, généralement fin mai - début juin quand la température de l'eau atteint 13 -13,5°C à l'aube (Philippart, 1977 ; Baras, 1992). Il est clairement été démontré que la diminution de la durée d'éclairement intervenant dès la fin juillet inhibe la maturité sexuelle des mâles et des femelles, quel que soit la température (Poncin, 1989).

1.1.7.2.3. Comportement sexuel : parade nuptiale

Les barbeaux ont pour choix de frayères des zones peu profondes (<30cm) à courant relativement rapide (25-75cm/sec) et présentant un substrat de type caillouteux. A son arrivée, la femelle est courtisée par un nombre variant entre 8 et 30

mâles qui manifestent à ce moment des tubercules nuptiaux sur la tête. Redressée, elle agite sa papille génitale dans le gravier et émet une cinquantaine d'œufs qui sont aussi tôt fécondés par la laitance libérée pas les mâles (Poncin, 1996). Sachant que la femelle du barbeau pond environ 9000 œufs par kilogramme, cette séquence se répète jusqu'à 280 fois et ça durant 10 à 11 heures de ponte (Jeandarme & *al.*, 1992).

1.1.7.2.4. Physiologie des testicules

Chez la plupart des téléostéens, le testicule est un organe pair situé dorsalement dans la cavité générale, et qui est prolongé postérieurement par un canal déférent (spermiducte) se terminant au niveau de la papille génitale.

La structure testiculaire des téléostéens est diversifiée. Il est généralement admis, bien qu'il n'y ait pas unanimité (Grier, 1981), qu'il existe deux types de structures testiculaires, tubulaire et lobulaire (Figure 4) (De Vlaming, 1974 ; Billard & *al.*, 1982).

- ✓ Le type tubulaire : limité au groupe des Poecilidae (Billard & *al.*, 1982). Dans ce type, la localisation des cellules germinales primordiales ou spermatogonies A (SGA) est restreinte à l'extrémité aveugle des tubules. Durant la spermatogenèse, les spermatocytes, formés après division et différenciation des gonies, migrent le long du tubule, qui ne possède pas de lumière, vers la cavité centrale du testicule (Grier & *al.*, 1980 ; Grier 1981, 1993). Les spermatozoïdes sont alors libérés dans des canaux efférents qui se réunissent ensuite en un canal principal (Grier & *al.*, 1980 ; Grier, 1981).
- ✓ Le type lobulaire : ainsi dénommé, car les tubes séminifères ont un diamètre variable et présentent un aspect lobé en histologie, c'est le plus répandu chez les téléostéens. Ils constituent le compartiment germinal du testicule (Legendre et Jalabert, 1988 ; Grier, 1993). Dans ce type de structure testiculaire où la spermatogenèse est non restreinte, les spermatogonies (type A) sont réparties tout au long du tube séminifère, les cystes formés se déplacent peu au cours de leur évolution de manière centripète, et les spermatozoïdes produits sont libérés dans la lumière des tubes en communication avec le canal déférent (Legendre et Jalabert, 1988), ce conduit axial est entouré de lobules radiaires, dans lesquels la lumière apparaît progressivement (Mellinger, 2002). Au cours de la

I.REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

maturation, les lobules s'allongent et leur diamètre augmente. L'élongation est occasionnée par la multiplication des spermatogonies A (Grier et Lo Nostro, 2000).

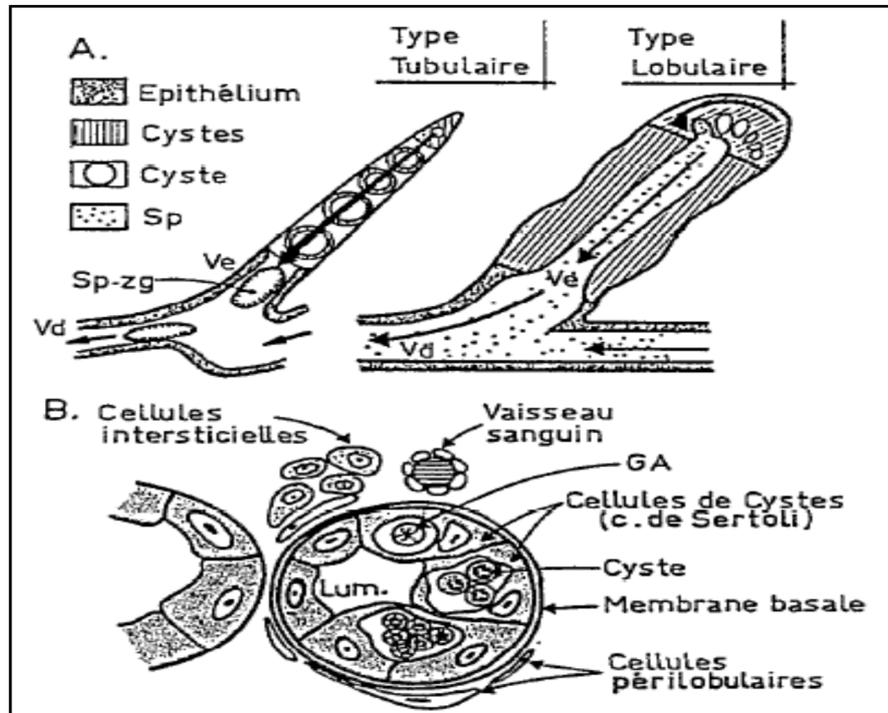


Figure 4: (A) représentation schématique de deux types de structures testiculaires rencontrées chez les téléostéens.ve : vas efferens, Vd : vas deferens, Sp, spermatozoïdes, Sp-zg : spermatozeugme. (B) coupe transversale d'un lobule : G.A : spermatogonie du type A (Billard & al.,1982).

Dans les deux cas, les tubules ou les lobules sont séparés les uns des autres par les cellules (Leydig homologues) du tissu interstitiel.

Bien qu'il existe des différences dans la structure testiculaire quelle soit tubulaire ou lobulaire, toutefois les étapes majeures de différenciation des cellules germinales sont communes à l'ensemble des espèces de téléostéens (Legendre et Jalabert, 1988).

1.1.7.2.5. Gamétogenèse chez le mâle

La gamétogenèse chez le mâle comporte deux périodes essentielles : la spermatogenèse et le frai durant lequel a lieu la spermiation (Mellinger, 2002).

A. Spermatogenèse

Le processus de spermatogenèse regroupe l'ensemble des phases cytologiques conduisant à l'élaboration des spermatozoïdes à partir de cellules peu différenciées (gonies), elles mêmes issues des cellules germinales primordiales de l'embryon, et ceci par une succession de divisions cellulaires et des transformations, au sein du testicule (Billard, 1979 ; Barnabé, 1991).

- ✓ Au début du cycle, seules les spermatogonies A (SGA) sont présentes. Chaque SGA est isolée et entourée de cellules somatiques de soutien appelées cellules de Sertoli (Billard & al., 1972 ; Grier & al., 1980).
- ✓ Par mitose, les SGA donnent les SGB qui restent groupées par deux puis quatre, ce qui initie la formation d'un cyste (Pudney, 1995 ; Dziewulska et Domagala, 2002).
- ✓ Les SGB subissent plusieurs divisions mitotiques aboutissant aux spermatocytes primaires (SPC I) (Pudney, 1995).
- ✓ Les SPC I, après la première division méiotique, vont se transformer en spermatocytes de type secondaires (SPC II) (Dziewulska et Domagala, 2002).
- ✓ Les SPC II deviennent des spermatides (SPD) après la deuxième division de la méiose. A ce moment les spermatides ont un jeu de chromosomes haploïde, mais ne sont pas encore des gamètes mâles. Une série de transformations biochimiques et morphologiques intervient alors au cours de laquelle chaque spermatide aboutit à une cellule germinale hautement différenciée " le spermatozoïde", c'est la spermiogenèse (Nagahama, 1986).

B. Spermiation

La spermiation vient à la fin de la spermiogenèse, la paroi sertolienne des cystes devenue de plus en plus mince se rompt et les spermatozoïdes sont libérés dans la lumière des lobules séminifères, (Pudney, 1995) où ils gagnent les systèmes

évacuateurs. Elle est généralement accompagnée d'une hydratation des gonades et du sperme (Legendre et Jalabert, 1988).

Lors de l'émission du sperme (éjaculation), les spermatozoïdes sont libres dans le plasma séminal chez les espèces à fécondation externe (cas du barbeau), alors qu'ils sont souvent groupés en spermatophores ou en spermatozeugmes chez les espèces à fécondation interne (Legendre et Jalabert, 1988).

On parle de spermatogenèse "cystique" lorsqu'elle se déroule entièrement à l'intérieur des spermatocystes, auquel appartient le barbeau, et "semi-cystique" lorsque ceux-ci s'ouvrent avant la formation des spermatozoïdes. Dans ce cas des cellules germinales à différents stades de maturation peuvent être présentes dans les lumières des lobules où se termine la différenciation (Mattei & al., 1993 ; Manni et Rasotto, 1997 ; Yoneda & al., 2001).

1.1.7.2.6. Evaluation de la maturation des gonades mâles

La spermatogenèse peut avoir, suivant les espèces, un caractère continu (par ex: chez la carpe), (Billard & al., 1982) ou saisonnier (par ex: chez le barbeau) qui sont alternés par des phases de repos sexuel.

Les types des cellules germinales reflètent l'activité saisonnière du cycle reproducteur aussi bien sur le plan morphologique que sur le plan biochimique. C'est pour cela qu'elles constituent un paramètre fiable pour définir les stades de maturation testiculaire qui sont divisés jusqu'à présent en cinq stades (Grier et Taylor, 1998) :

✓ **Le stade immature** : où les testicules sont au repos, les seules cellules germinales présentes sont les spermatogonies souches (SGA), entourées par des cellules de Sertoli (Miura, 1999 ; Gusmão & al., 2002 ; Lo Nostro & al., 2003) localisées à l'extrémité des lobules testiculaires (Barnabé, 1991 ; Hardy & al., 2002). Caractérisées par une forme ovoïde, une grande taille et un noyau volumineux et central, elles apparaissent claires, isolées ou groupées par deux. Ces spermatogonies sont le seul type de cellule germinale présent en permanence dans la gonade. Elles constituent un réservoir pour le cycle sexuel suivant (Pudney, 1995)

✓ **L'initialisation de la spermatogenèse** : à ce stade, plusieurs divisions (mitoses) vont s'opérer s'accompagnant d'une diminution de taille, les spermatogonies B visibles dans les cystes initiaux, sont plus petites que les SGA, ont un cytoplasme réduit et un noyau large. Elles sont unies par

des ponts cytoplasmiques (Selman et Wallace, 1986). L'échange de molécules au travers de ces ponts serait à l'origine de la synchronisation des mitoses au sein du même cyste (Lo Nostro & al., 2003).

✓ **La spermatogenèse** : où tous les types de cellules apparaissent, Les spermatocytes II sont plus petits que les SPC I, présentent une chromatine plus condensée, fortement colorée (Raizada, 1975). Les spermatides, produites à la fin de la méiose, initialement rond (Pudney, 1995) laissent apparaître un flagelle (Billard, 1983b).

Durant la spermiogenèse le noyau prend sa forme, sa taille et sa densité finale, et le corps résiduel, est éliminé (Fishelson, 2003). Leur tête orientée vers la périphérie des cystes alors que leur flagelle pointe vers la lumière des tubes séminifères, les spermatides matures s'appêtent à être déversés. (Gusmão & al., 1999)

✓ **La libération des spermatozoïdes (spermiation)**: une période qui peut s'étaler sur plusieurs mois mais la qualité du sperme diminue fortement dans le temps du fait de phénomène de vieillissement des spermatozoïdes (Billard, 1979).

✓ **La résorption des testicules** : après spermiation, les gonades perdent leur poids, les tubes séminifères se vident. Seules les cellules germinales souches persistent pour assurer le cycle prochain et les cellules de Sertoli qui interviennent dans la phagocytose des spermatozoïdes non émis (Grier et Taylor, 1998).

II.1. MATERIELS ET METHODES

Les coupes histologiques exploitées dans ce présent travail ont été réalisées dans le cadre de la préparation d'une thèse de doctorat en cotutelle entre l'Université de Béjaïa (Algérie) et l'Ecole Pratique des Hautes Etudes de Paris (France), par Djoudad-Kadji.

II.1.1. Présentation de la zone d'échantillonnage

Les gonades sujettes d'une étude histologique ont été récupérées à partir des individus de *Barbus callensis* échantillonnés dans l'oued Soummam.

Cet oued se trouve dans la région de Béjaïa, et représente l'un des principaux cours d'eau algériens, il parcourt toute la vallée de la Soummam sur environ 90 km (Figure 5) (Benhamiche, 1997). En se référant à l'étude de Bacha et Amara (2007), ce cours d'eau peut être subdivisé en 11 stations d'échantillonnage, 10 de ces stations (90,90 %) hébergent *Barbus callensis* avec une même fréquence d'abondance. Seule la station de l'embouchure de l'oued vers la méditerranée ne montre aucune présence de cette espèce, cela s'expliquerait par la salinité des eaux, qui constitue un facteur limitant pour la survie du barbeau lorsque son degré atteint 15 à 20 % (Kraiem et Pattee, 1988).

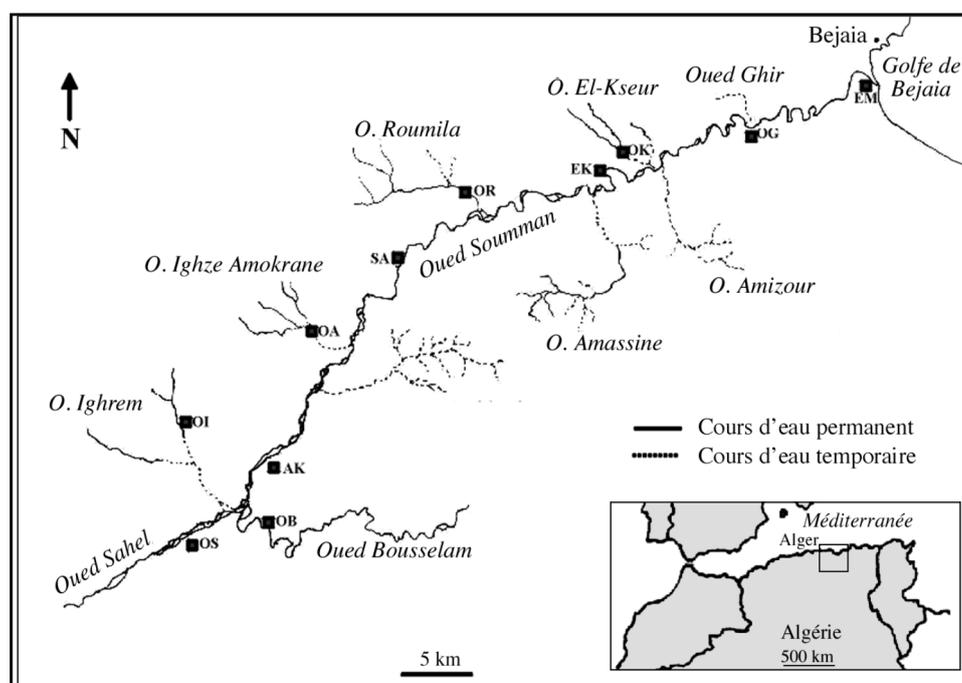


Figure 5 : Réseau principal et affluents de la Soummam (Bacah et Amara, 2007)

II.PARTIE EXPERIMENTALE

La zone réelle d'échantillonnage était en amont du cours d'eau, dans la station d'Akbou, qui est caractérisée par la jonction de deux cours d'eaux importants : Boussellam, orienté vers l'est, qui prend naissance sur les haut-plateaux de Sétif, et Sahel, orienté vers l'ouest, formé par la confluence des rivières Ziane et Ed-Dous provenant de Bouira (Benhamiche, 1997). Ces diverses confluences confèrent à cette station une diversité importante en espèces.

II .1.2. Etude macroscopique

L'étude de cet aspect rentre dans le but de suivre le développement des organes reproducteurs de *B. callensis* en vue de décrire leurs transformations cycliques annuelles et par conséquent la période de reproduction, ainsi que la détermination de l'âge de la première maturité sexuelle et cela pendant une année de fraie. En plus, il a été déterminé l'origine de l'énergie utilisée durant cette période, en se basant sur les transformations annuelles liées au foie et au contenu stomacal.

II.1.2.1. Détermination de la période de ponte

La méthode la plus utilisée est celle basée sur le calcul du rapport gonadosomatique (RGS), qui évalue les variations de la masse des gonades au cours du cycle annuel. Ce rapport est défini par Bougis (1952) comme suit :

$$R G S = \frac{M a s s e \ d e \ l a \ g o n a d e}{M a s s e \ é v i s c é r é e \ d u \ p o i s s o n} \times 100$$

II.1.2.2. Détermination des rapports hépatosomatique et du tube digestif

Il a été parallèlement calculé le rapport hépatosomatique (RHS) qui évalue les variations de la masse du foie au cours d'un cycle annuel, ainsi que le rapport du tube digestif (RTDS) qui évalue les variations de la masse du contenu stomacal au cours d'un cycle annuel. Ces deux rapports sont définis comme suit :

$$R H S = \frac{M a s s e \ d u \ f o i e}{M a s s e \ é v i s c é r é e \ d u \ p o i s s o n} \times 100$$

$$R T D S = \frac{M a s s e \ d u \ c o n t e n u \ s t o m a c a l}{M a s s e \ é v i s c é r é e \ d u \ p o i s s o n} \times 100$$

II.1.3. Préparation des lames histologiques

La technique histologique appliquée pour la préparation des coupes de gonades de *Barbus callensis* est celle adaptée et validée par Djoudad-Kadji & al. (2011). Ces auteurs ont démontré que l'association optimale, pour donner le détail des structures histologiques, est le liquide de Bouin comme fixateur et l'azan modifié comme coloration. Cette association est à recommander dans tout objectif visant à une étude détaillée de la dynamique des constituants testiculaires de *Barbus callensis*. L'association formol/hématoxyline-éosine, ne donnant pas autant de détails, reste néanmoins tout à fait valable pour la mise en évidence de l'architecture générale des tissus, et son application notamment dans les études de biométries cellulaires et particulièrement celle concernant la dynamique de reproduction.

II.1.3.1. Fixation

Elle a pour but d'immobiliser les structures des échantillons en respectant dans la mesure du possible la morphologie des structures. Après dissection, des testicules ont été fixés dans deux solutions différentes :

- **Dans le formol à 10% pendant 24 heures. Ce fixateur est composé de :**

- ✓ 10 ml de formol de commerce à 35% tamponnée
 - ✓ 90 ml de l'eau distillée.
-

- **Dans le liquide de Bouin pendant 6 heures, cette solution est composée de :**

- ✓ 75 ml d'acide picrique
 - ✓ 25 ml de formol commercial à 36 %
 - ✓ 5 ml d'acide acétique (ajouté extemporanément).
-

Après fixation les gonades ont subi une déshydratation dans des bains d'alcool de concentration croissante (70-95-100 %), une clarification dans le xylène, une imprégnation et une inclusion dans la paraffine (point de fusion: 55-57 °C). Les blocs ont été débités au moyen d'un microtome de type Leica RM2025, l'épaisseur des coupes était de 3 µm. Les coupes réalisées ont été déposées sur des lames puis collées avec de l'eau albumineuse sur une platine chauffante. L'hydratation a été effectuée dans trois bains d'alcool de degrés décroissants (100%, 90% et 70%) suivis d'un lavage à l'eau distillée.

II.1.3.2. Coloration des coupes

Deux techniques de coloration topographiques polychromes ont été utilisées :

- **Coloration à l'azan modifié**

-
- ✓ Coloration par le rouge nucléaire pendant 15 minutes
 - ✓ Rinçage à l'eau distillée
 - ✓ Coloration par l'orange-G phosphomolybdique pendant 5 minutes
 - ✓ Les coupes sont séchées entre deux papiers filtre et colorées par le bleu d'aniline pendant 7 minutes.
-

- **Coloration à l'hématoxyline/éosine**

-
- ✓ Coloration par l'hématoxyline pendant 5 minutes
 - ✓ Rinçage à l'eau courante
 - ✓ Coloration en Eosine à 1% pendant 7 minutes
 - ✓ Rinçage à l'eau courante ;
-

II.1.3.3. Déshydrations et montage

Juste après coloration, les lames sont trempées dans trois bains d'alcool absolu puis dans deux bains de xylène. Le montage a été réalisé entre lame et lamelle à l'Eukit.

II.1.4. Méthodologie suivie pour les mensurations testiculaires

Notre travail porte sur une approche microscopique qui consiste à considérer des paramètres quantitatifs afin de caractériser la dynamique du développement testiculaire chez *Barbus callensis*.

Les lames histologiques ayant servie pour cette étude étaient confectionnées à partir des spécimens de barbeau pêchés chaque mois sur une période s'étalant de Mars à Décembre 2010. On a retenu pour chaque mois deux individus (sauf dans les cas d'indisponibilité) disposant chacun de 1 à 3 lames.

II.1.4.1. Paramètres histologiques mesurés

Afin d'étudier la spermatogénèse de *B. callensis* sur le plan histologique, nous avons pris pour étude les variations du nombre et du diamètre des tubes séminifères.

II.1.4.2. Méthode de comptage

Un comptage direct du nombre de tubes a été réalisé pour chaque tube sur un même champ microscopique.

II.1.4.3. Prise de photos

La lame histologique de la partie médiane d'un testicule a été balayée à l'aide d'un microscope photonique réglé au grossissement (x2,5). On a pris un total de 10 champs microscopiques pour chaque spécimen sur l'ensemble des lames dont il dispose avec un appareil photo numérique « Samsung 8,1 Méga pixel » placé sur l'oculaire du microscope.

Une lame graduée a été également prise en photo en respectant les mêmes conditions que celles pour les lames de l'échantillon.

II.1.4.4. Méthode de mensuration

Les mensurations des diamètres ont été effectuées après succession de plusieurs étapes :

-
- ✓ Les photos sont enregistrées dans des fichiers, avec le code correspondant pour chaque individu.
 - ✓ La photo de la lame contenant l'échelle graduée en Micron, est copiée dans l'éditeur d'image « Paint ».
 - ✓ Une section correspondant à 10 μ m est délimitée puis copiée sur toutes les photos, une par une, qui sont ouvertes avec le « Paint » également, puis les enregistrées.
 - ✓ Les photos modifiées sont transférées dans le logiciel informatique « Image Tool 2.0 c (Alpha3) », et l'échelle est convertit du Pixel au Micron.
 - ✓ A l'aide de la règle qui figure parmi les outils du logiciel, trois diamètres sont mesurés (Figure 6) pour chaque tube et une moyenne est calculée.
-

Un maximum de 10 tubes séminifères est considéré par champ microscopique pour la mesure du diamètre.

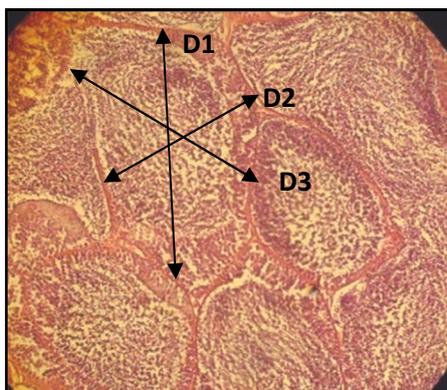


Figure 6 : méthode de calcul des diamètres des tubes séminifères.

II.1.4.5. Organisation des données

Les résultats sont présentés sur une fiche technique (Tableau I) contenant des colonnes destinées respectivement aux: mois d'échantillonnage, rang du testicule, les champs microscopiques, le nombre des tubes séminifères comptés et les moyennes des diamètres des tubes séminifères. Les colonnes ont été subdivisées ainsi :

-
- ✓ La 1ère colonne : 9 lignes (correspondant à 9 mois réels d'échantillonnage) ;
 - ✓ La 2ème colonne : 18 lignes (correspondant à 2 testicules x 9 mois d'échantillonnage) ;
 - ✓ La 3ème colonne : 180 lignes (correspondant à 10 champs microscopiques x 2 testicules x 9 mois d'échantillonnage) ;
 - ✓ La 4ème colonne : 180 lignes (correspondant au nombre de tubes séminifères comptés sur chaque champs).
 - ✓ La 5ème à la 14ème colonne : 1800 lignes (correspondant à 10 champs x 10 diamètres x 2testicules x 9 mois d'échantillonnage).
-

II.PARTIE EXPERIMENTALE

Tableau I : Exemple d'une partie d'une fiche technique pour le comptage des tubes séminifères et le calcul de leurs diamètres pour le mois de mars 2010 sur les lames histologiques de deux testicules.

Mois	testicule	champs	nb de tubes	dia tube1=>	dia tube 10	moy dia
Mars	testicule1	champ1				
		champ2				
		champ3				
		champ4				
		champ5				
		champ6				
		champ7				
		champ8				
		champ9				
		champ10				
	testicule2	champ1				
		champ2				
		champ3				
		champ4				
		champ5				
		champ6				
		champ7				
		champ8				
		champ9				
		champ10				

II.1.5. Etude statistique

Cette étude a comme objectif l'évaluation des différentes variations et le suivi de leurs cinétiques dans le temps et qui peuvent être manifestées par les paramètres étudiés, à savoir :

- ✓ Le nombre de tubes séminifères (NBR_TUB).
- ✓ La moyenne des diamètres des tubes séminifères (MOY_DT).
- ✓ Le rapport gonado-somatique (RGS).
- ✓ Le rapport hépato-somatique (RHS).
- ✓ Le rapport du contenu stomacal (RTDS).

II.PARTIE EXPERIMENTALE

Une série de méthodes statistiques a été appliquée en utilisant le logiciel Statistica 5.5, à savoir :

-
- ✓ Une analyse descriptive sous forme de courbes pour suivre les variations du nombre et du diamètre des tubes séminifères en fonction des mois.
 - ✓ Une analyse d'interactions graphiques en fonction des mois et des saisons, afin de visualiser et de comparer les cinétiques superposées entre les différents groupes de paramètres : NBR_TUB et MOY_DT ; NBR_TUB et RGS ; NBR_TUB et RGS/RHS/RTDS ; MOY_DT et RGS ; MOY_DT et RGS/RHS/RTDS.
 - ✓ Une analyse de régression sous forme de nuages de points bidimensionnel, afin d'étudier les corrélations bivariées et l'allure des ajustements linéaires des couplets : NBR_TUB/MOY_DT. RGS/NBR_TUB ; RGS/MOY_DT ; RHS/NBR_TUB ; RHS/MOY_DT ; RTDS/NBR_TUB ; RTDS/MOY_DT.
 - ✓ Une analyse en composantes principales (ACP), sous forme de nuages de points multidimensionnels, a été appliquée afin d'étudiées les relations simultanées entre les saisons et les mois et leurs degrés de rapprochement, en se basant sur les diamètres des différents tubes séminifères obtenus sur chaque coupe histologique.
 - ✓ Une analyse par une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été également appliquée dans le but d'appuyer l'ACP précédente et de confirmer les résultats obtenus des relations entre saisons.
 - ✓ Une deuxième ACP a été appliquée afin de déduire les rapprochements possibles des différents paramètres étudiés, (RGS ; RHS ; RTDS ; MOY_TUB ; NBR_TUB) en utilisant une représentation sous forme d'un cercle de corrélation.
 - ✓ Une CAH a été réalisée afin de confirmer les résultats de cette dernière ACP.
-

II.2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

II.2.1. Stades du développement testiculaire

Les lames histologiques ayant servis pour cette étude ont montré tous les stades évolutifs de la cellule germinale de ce cyprinidé. En effet, on perçoit les mêmes observations que celles citées dans la littérature, notamment dans les travaux de Bouhbouh en 2002 consacrés à la même espèce, à savoir *Barbus barbuis callensis* du Maroc. Nous avons illustré le phénomène de spermatogénèse selon Les six stades décrits par La lancette en 1975 (Figure 7):

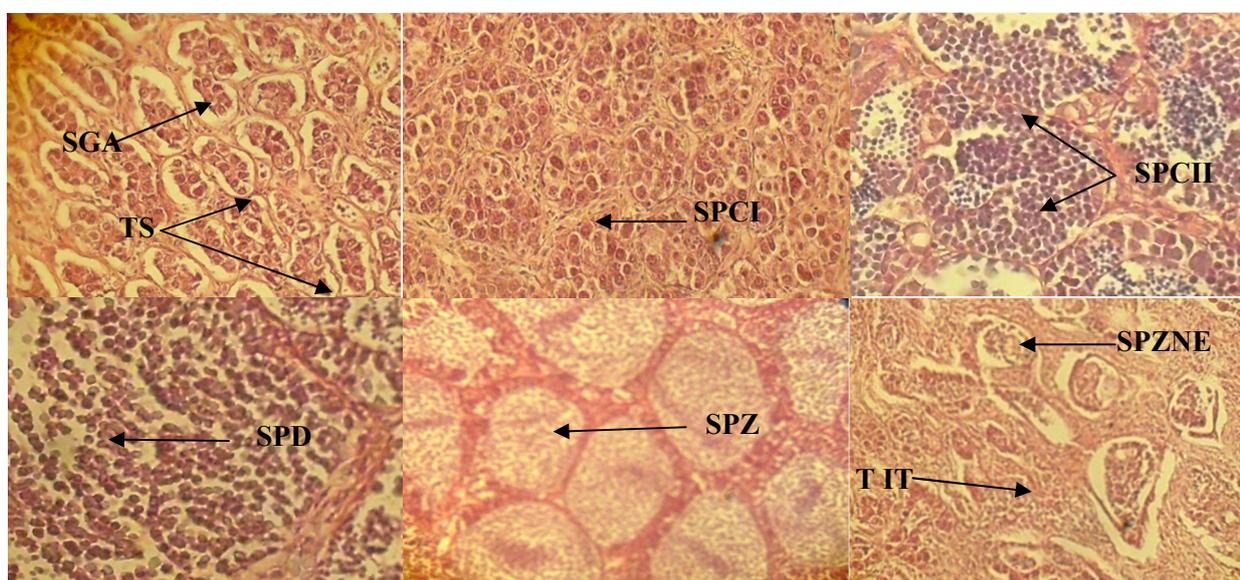


Figure 7 : Illustration des stades évolutifs de la spermatogénèse chez *Barbus callensis*.

✓ Stade I :

Le testicule présente un ensemble de tubes séminifères jointifs, le tissu interstitiel est presque invisible. Chaque tube séminifère (TS) renferme des spermatogonies (SG) de forme arrondie et à gros noyau central tapissant la lame basale. Leurs membranes cytoplasmiques sont minces, difficilement observables.

II.PARTIE EXPERIMENTALE

✓ **Stade II :**

La spermatogonie se transforme en spermatocyte I (SPCI) avec une membrane cellulaire plus nette et un noyau plus volumineux.

✓ **Stade III :**

C'est le stade de la transformation du spermatocyte I en spermatocyte II, dont la taille a nettement diminué.

✓ **Stade IV :**

Apparition des spermatides caractérisées par un noyau de petite taille et un cytoplasme presque invisible au microscope optique.

✓ **Stade V :**

Les spermatozoïdes (SPZ) remplissent la lumière du tube séminifère, leur forme a complètement changé par rapport à celle des spermatides. A ce stade ils présentent des flagelles.

✓ **Stade VI :**

Après le frai, les tubes séminifères présentent encore des spermatozoïdes (SPZ) au niveau de leurs lumières ; leurs tailles ont nettement diminué, le tissu interstitiel (T IT) est bien visible.

II.2.2. Variation du nombre de tubes séminifères en fonction des mois

Sur la figure ci-dessous, nous avons représenté le nombre des tubes séminifères par champs microscopique en fonction du temps.

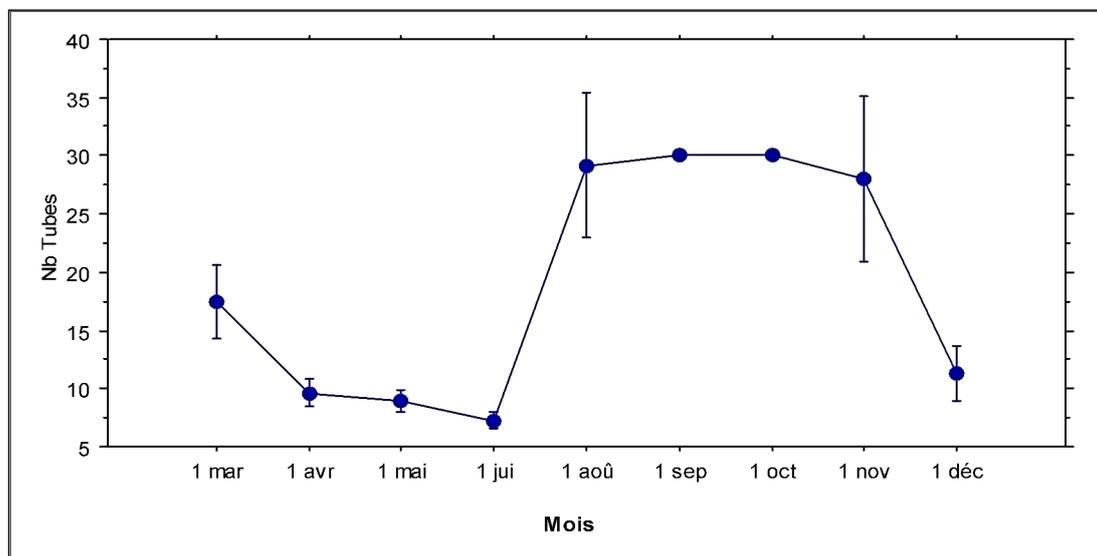


Figure 8: Courbe représentant les variations de nombre des tubes séminifères en fonction du temps chez *Barbus callensis* (microns, moyenne ± déviation standard).

D'après la courbe, on constate que le nombre des tubes séminifères décroît au fur et à mesure qu'on avance dans le temps jusqu'à arriver un nombre minimal de 7 tubes au mois de juin, puis accroît pour atteindre un maximum de trente tubes au mois d'août. On remarque une stabilité durant les mois septembre, octobre avec une légère dépression(28) en novembre, et diminue à nouveau à partir de ce dernier.

Le mois de juillet n'est pas représenté sur la courbe par défaut de lames histologiques. Les individus capturés en ce mois présentaient des gonades résorbées, impossible à manipuler.

Cela signifie que c'est en période de reproduction que *Barbus callensis* présente un nombre minimum de tubes séminifères.

II.2.3. Variation des diamètres des tubes séminifères en fonction des mois

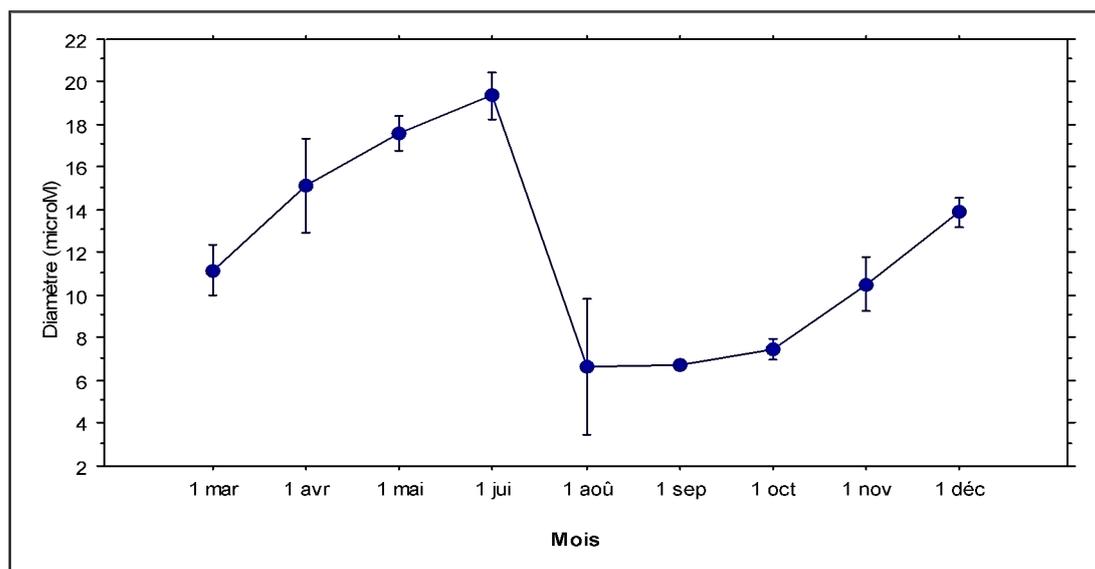


Figure 9: Courbe représentative des variations du diamètre des tubes séminifères (microns, moyenne \pm déviation standard) en fonction du temps chez *Barbus callensis*.

La courbe ci-dessus nous traduit que le diamètre des tubes séminifères de *Barbus callensis* augmente de façon continue jusqu'à atteindre sa valeur maximale de 19 μm par champs microscopique en mois de juin, puis chute de manière brusque au mois d'août avec un diamètre n'excédant pas les 6 μm . A partir du mois de septembre, le diamètre des tubes séminifères augmente à nouveau, signe de régénération.

Cela est en concordance avec conclusion faite par Grier et Lo Nostro en 2000 : Au cours de la maturation, les lobules s'allongent et leur diamètre augmente. L'élongation est occasionnée par la multiplication des spermatogonies A.

II.PARTIE EXPERIMENTALE

II.2.4. Interaction entre le nombre et le diamètre des tubes séminifères en fonction des mois et des saisons

La figure ci-dessous illustre l'interaction, en fonction des mois et des saisons, entre le nombre de tubes séminifères par coupes histologiques et leurs diamètres.

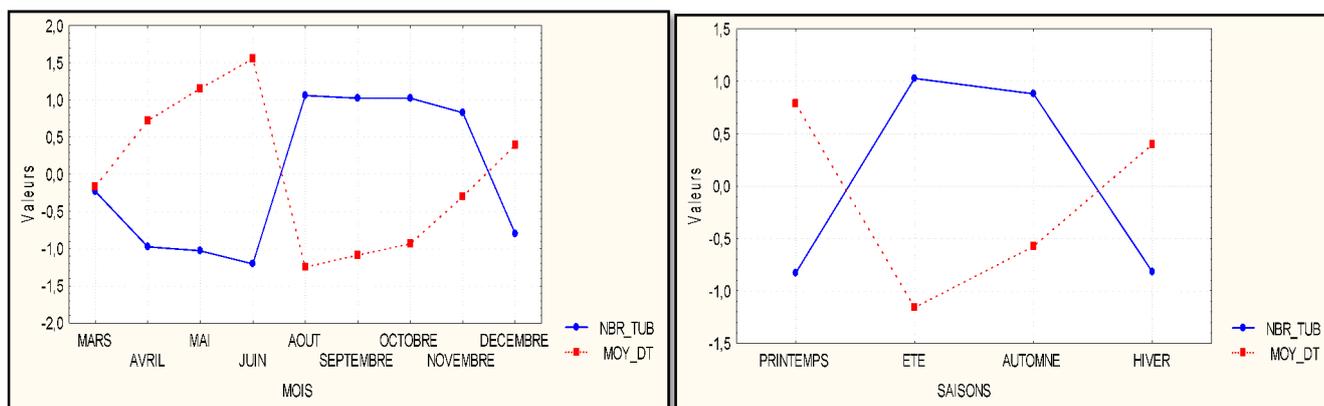


Figure 10 : Interaction : Nombre de tubes séminifères / Moyenne des diamètres. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.

L'interaction entre les deux paramètres montre : qu'au moment où la moyenne des diamètres prend sa valeur maximale, le nombre de tubes est minimum, et vis versa. La décroissance de ce dernier sur un même champ microscopique indique une amplification cellulaire induisant l'augmentation de la surface du tube d'où l'évolution inverse entre le nombre et le diamètre.

Cela reviendrait à conclure que la spermatogénèse prend de l'ampleur au début du printemps, mois de Mars, puis laisse place à la spermiogénèse avec l'approche de l'été, ce que confirme les travaux de Bouhbouh (2002) effectués dans ce sens sur les populations de *Barbus callensis* du Maroc.

II.2.5. Distribution des saisons sur la base des diamètres des tubes séminifères de *Barbus callensis*

Les résultats obtenus par l'application de l'ACP sont illustrés par la figure ci-après :

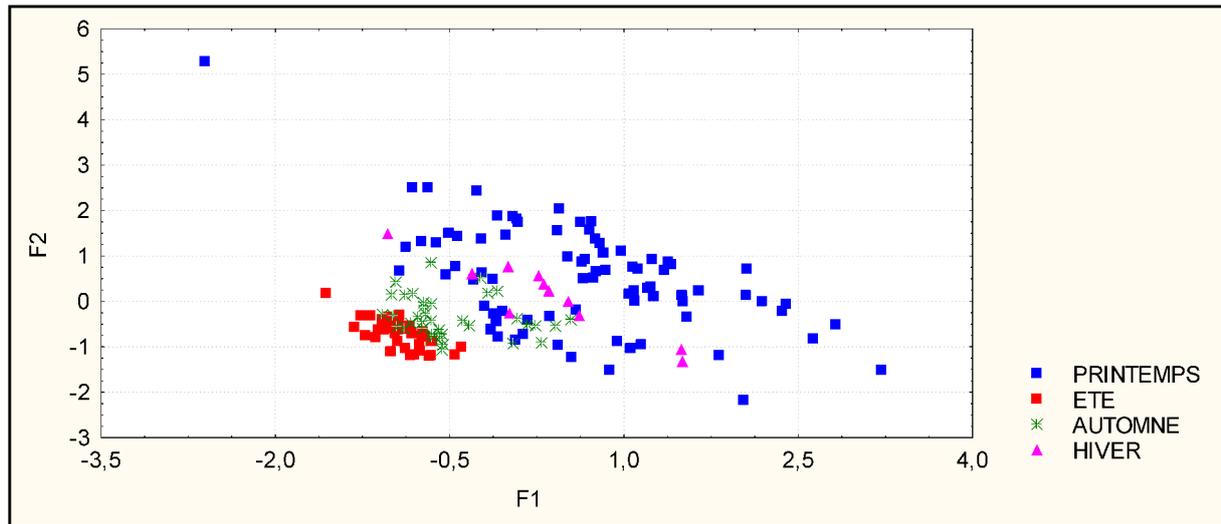


Figure 11 : Analyse en composantes principales de la distribution des saisons sur la base des diamètres des tubes séminifères de *Barbus callensis*.

Cette analyse a permis de discriminer nettement les quatre saisons. Cependant, un chevauchement complet a été enregistré entre le printemps et l'hiver, ce qui correspond à l'interférence des spécimens de *Barbus callensis* qui sont en pleine reproduction durant le printemps avec d'autres individus qui sont au début de l'activité durant l'hiver. En effet, les résultats obtenus durant ces deux saisons ont démontré des diamètres des tubes séminifères qui se rapprochent, cet argument qui est appuyé par un test de Student montrant ainsi une différence non significative au niveau d'erreur 5%.

Un chevauchement partiel a été marqué entre l'été et l'automne, témoignant ainsi d'individus qui sont en repos sexuel durant l'été et une portion d'individu qui est toujours en repos durant l'automne et une autre portion, durant cette saison, qui est encombrée d'une activité de régénération des cellules germinales, afin de préparer un

II.PARTIE EXPERIMENTALE

nouveau cycle de reproduction. Les résultats obtenus durant ces deux saisons ont démontré des diamètres des tubes séminifères qui se rapprochent dans leur ensemble avec des différences non significatives au niveau d'erreur 5%.

En opposition, l'ACP avait distingué clairement entre l'été et le printemps, cela n'est pas au hasard, ce sont tous simplement deux saisons qui s'opposent pour *Barbus callensis* dans son activité. Il est admis que cette espèce présente une activité sexuelle particulièrement vive durant le printemps et un repos total durant l'été. Le test de Student a signalé une différence hautement significative entre les diamètres des tubes séminifères durant ces deux saisons, au niveau d'erreur 1%.

En revanche, il a été observé un autre type de chevauchement partiel, cette fois, entre le couplé : printemps/hiver et l'automne. Cela peut s'expliquer par une logique, connue dans la physiologie de reproduction des poissons en générale, cette logique qui distingue des individus a maturité sexuelle ou a régénération tardives, ce qui est pointé, généralement dans des analyses de données, par des interactions, d'un coté, véridiques dans le sens biologique, et trempouses du coté statistique, ce qui est appelé, dans la théorie mathématique et statistique, des points isolés, qui peuvent erroné certaines conclusion. Le test de Student a signalé une différence significative au niveau d'erreur 5%.

Pour une meilleure visualisation de la discrimination des saisons en fonction des diamètres des tubes séminifères, nous avons appliqué une classification hiérarchique ascendante. Les distances obtenues entre les saisons et leurs illustrations sont données respectivement dans le tableau 2 et la figure 12, ci-dessous :

II.PARTIE EXPERIMENTALE

Tableau 2 : Matrice de distances entre saisons en se basant sur les diamètres des tubes séminifères obtenue par la CAH à distance Euclidiennes.

	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	HIVER
PRINTEMPS	0.0	21.7	15.2	4.8
ETE	21.7	0.0	6.6	17.1
AUTOMNE	15.2	6.6	0.0	10.6
HIVER	4.8	17.1	10.6	0.0

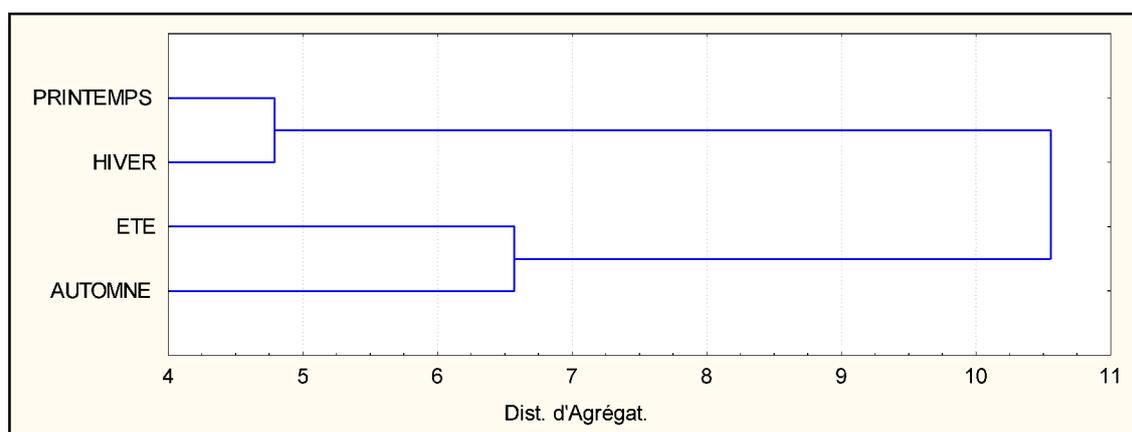


Figure 12 : Classification hiérarchique ascendante des saisons en se basant sur les diamètres des tubes séminifères obtenue par des distances Euclidiennes.

A partir de cette classification, il a été résulté deux couples de saisons :

- ✓ Printemps/hiver avec une distance de 4,8 Agrégats Euclidiens, témoignant ainsi d'un meilleur rapprochement des deux saisons. Cela confirme en grande partie les résultats obtenus par l'ACP, qui a marqué un chevauchement complet.
- ✓ Eté/automne avec une distance de 6,6 Agrégats Euclidiens, présentant un rapprochement étroit entre les eux saisons, ce qui a été démontré par l'ACP, par un chevauchement partiel.

- ✓ Une distance de 21,7 Agrégats Euclidiens a été obtenue entre le printemps et l'été, une discrimination nette qui sépare deux périodes d'activités différentes.
- ✓ Une distance de 10,6 Agrégats Euclidiens, constituant une distance intermédiaire reliant l'automne et l'hiver, cela coïncide bien avec le début de la période de régénération (automne) et la préparation pour la période de reproduction (hiver).

II.2.6. Distribution des mois sur la base des diamètres des tubes séminifères de *Barbus callensis*

Afin de bien comprendre l'interaction trouvée précédemment entre saisons, nous avons réalisé une distribution en fonction des mois. Les résultats obtenus sont illustrés par la figure ci-après :

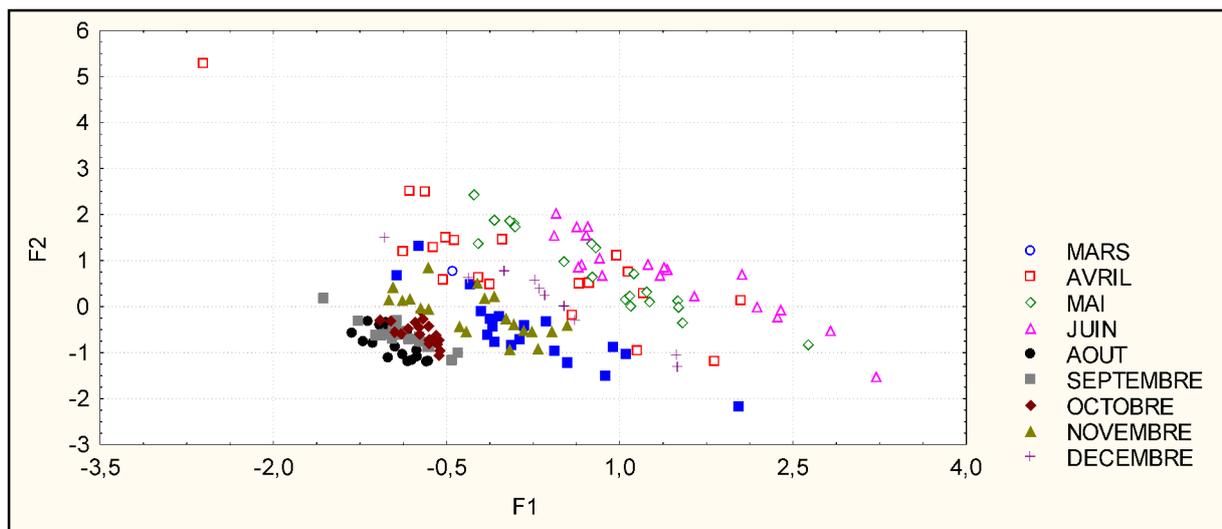


Figure 13: Analyse en composantes principales de la distribution des mois sur la base des diamètres des tubes séminifères de *Barbus callensis*.

Il est à noter que l'allure de cette distribution reprend exactement celle obtenue lors de la distribution en fonction des saisons, distinguant ainsi différentes périodes, à savoir : le repos sexuel, la régénération, le début de la reproduction et la spermiation.

II.PARTIE EXPERIMENTALE

En plus, cette analyse fine montre bien que le mois d'Aout occupe la base du nuage, s'écartant ainsi de l'ensemble des mois, sachant que ce mois représente la période du repos sexuel pour *Barbus callensis*. Alors que le mois de Juin, occupe la partie haute du nuage, durant lequel la spermatogenèse connaît son importante activité. Cette position du nuage des deux mois (Aout et Juin) démontre une opposition parfaite entre deux périodes différentes : le repos (Aout) et la spermiation (Juin).

Il a été marqué encore dans ce nuage les mois de transition entre saison. Si la lecture du nuage démarre du bat en haut, on peut déduire que :

- ✓ Le mois de septembre est l'intermédiaire entre l'été et l'automne.
- ✓ Le mois de novembre est l'intermédiaire entre l'automne et l'hiver.
- ✓ Le mois de décembre est l'intermédiaire entre l'hiver et l'printemps.

II.2.7. Interaction entre le nombre de tubes séminifères et le RGS en fonction des mois et des saisons

Les résultats obtenus de l'interaction entre le nombre de tubes séminifères par lames histologiques et le RGS sont illustrés sur la figure ci-après :

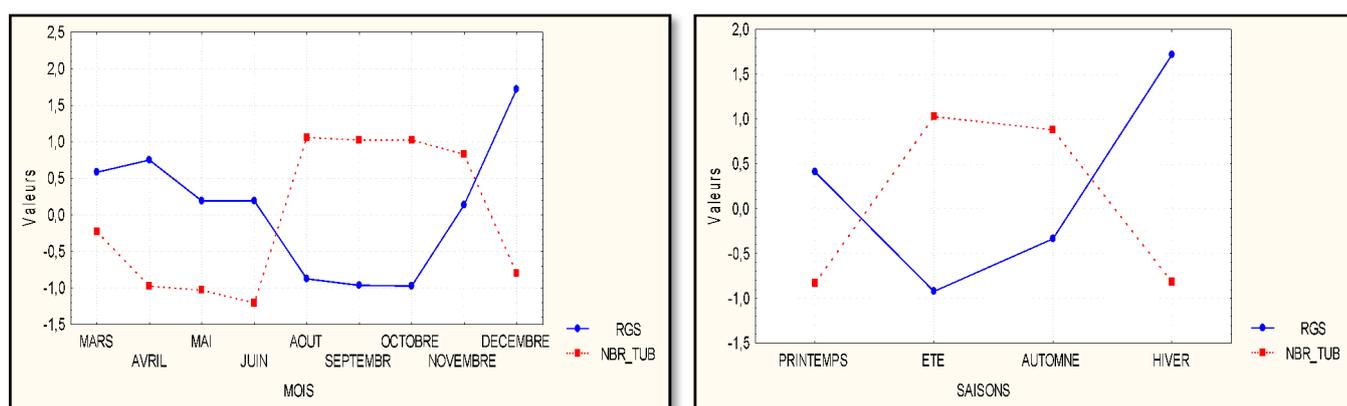


Figure 14 : Interaction : Nombre de tubes séminifères / RGS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.

La figure indique l'existence d'une évolution inverse entre le RGS et le nombre des tubes séminifères.

Le nombre maximal des tubes observé au mois d'Aout, est témoin d'une régénération. A ce moment, les tubes sont petits et par conséquent le RGS prend des valeurs minimales. au printemps, période de reproduction pour *Barbus callensis*, la spermatogenèse est alors intense, ayant pour résultat l'augmentation de la taille des tubes et leurs saturations en spermatozoïdes, d'où l'élévation du rapport gonadosomatique (RGS). Les mêmes conclusions ont été évoquées par Rahmani (2008) dans sa thèse concernant la reproduction de l'anchois dans le golf de Bejaia.

II.2.8. Interaction entre la moyenne des diamètres des tubes séminifères et le RGS en fonction des mois et des saisons

Les résultats obtenus de l'interaction entre la moyenne des diamètres des tubes séminifères et le RGS sont illustrés sur la figure ci-après :

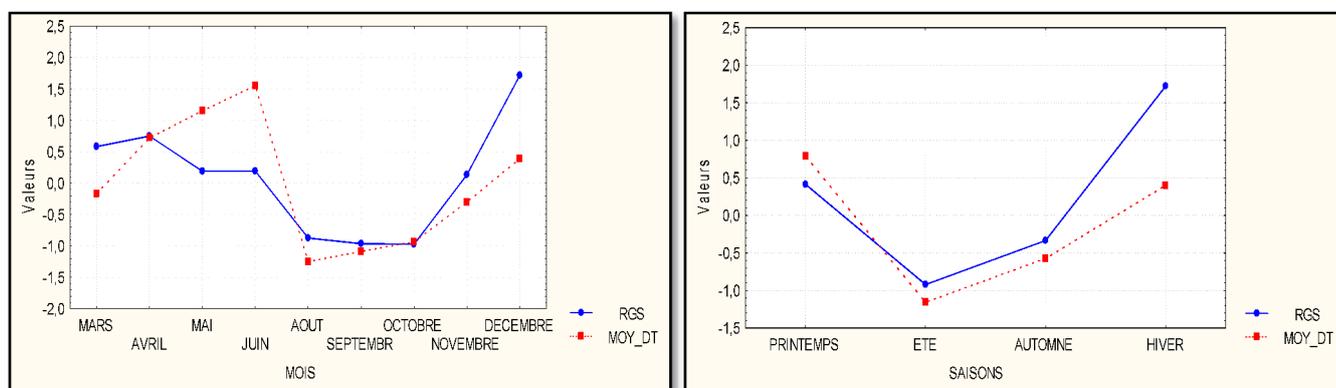


Figure 15 : Interaction : Moyenne des diamètres des tubes séminifères / RGS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.

Sur cette figure, on remarque que les valeurs les plus basses pour les deux paramètres sont enregistrées en été, alors que les pics marquent le printemps.

II.PARTIE EXPERIMENTALE

On constate également que la courbe du RGS suit de très près celle des diamètres avec un léger décalage dans le temps en faveur de ce dernier, ce qui nous laisse conclure que la variation des taux du RGS est occasionnée par la dynamique des diamètres des tubes séminifères qui est à son tour causée par la variation du volume spermatique. Ceci est appuyé par des résultats pratiques obtenus lors des travaux fait par Boubkeur (2010) sur les paramètres spermatiques du *Barbus callensis* d'oued Aguaryoun (Béjaia).

II.2.9. Interaction entre le nombre de tubes séminifères avec le RHS et le RTDS en fonction des mois et des saisons

Les résultats obtenus de l'interaction entre le nombre de tubes séminifères et le RHS et RTDS sont illustrés sur la figure ci-après :

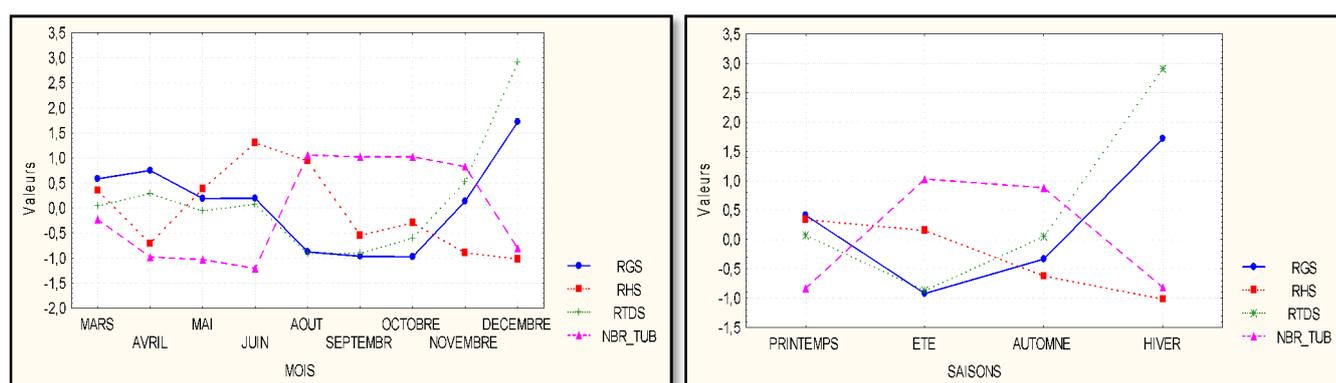


Figure 16 : Interaction : Nombre de tubes séminifères / RGS / RHS / RTDS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.

Les interactions simultanées illustrées par les figures ci-dessus, mettent en évidence la relation du nombre des tubes séminifères aussi bien avec le RGS qu'avec le RHS et le RTDS.

On remarque que l'évolution est inverse entre le nombre et le RGS ainsi que le RTDS, au moment où celle-ci est en chevauchement avec le RHS.

II.PARTIE EXPERIMENTALE

Durant la saison de reproduction, le barbeau présente un espace occupé par peu de tubes causé par l'élévation des diamètres, ce qui explique la relation inverse entre le RGS et le nombre. En plus, cette espèce utilise des réserves hépatiques, durant cette période, plutôt que ses réserves stomatiques.

II.2.10. Interaction entre la moyenne des diamètres des tubes séminifères avec le RHS et le RTDS en fonction des mois et des saisons

Les résultats obtenus de l'interaction entre la moyenne des diamètres des tubes séminifères et le RHS et RTDS sont illustrés sur la figure ci-après :

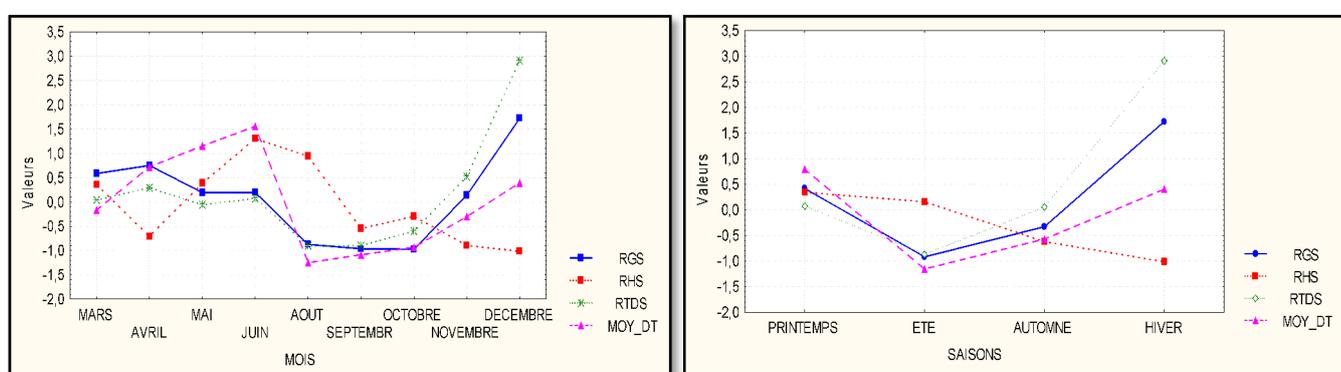


Figure 17 : Interaction : Moyenne des diamètres des tubes séminifères / RGS / RHS / RTDS. A gauche en fonction des mois. A droite en fonction des saisons.

En plus de la corrélation faite entre le RGS et la moyenne des tubes, nous avons intégré le rapport hépato-somatique et le rapport du tube digestif.

On peut voir que la courbe du RHS varie dans le sens inverse que celles de la moyenne des diamètres des tubes et du RGS, le taux minimum est observé en période de ponte, puis la courbe reprend à partir de la fin du printemps, ceci est expliqué par l'utilisation du cyprinidé des réserves lipidiques stockées au niveau du foie, comme source d'énergie pour la maturité des gonades (Bouhbouh, 2002).

Concernant le poids du contenu du tube digestif des spécimens étudiés, on constate qu'en phase de reproduction, le barbeau cesse son activité alimentaire

(Cherghou, 2002) sans pour autant l'utiliser pour son activité, ce qui a été enregistré d'ailleurs sur les courbes d'interactions dont le RTDS est proportionnellement inverse au RHS. C'est probablement à cause du volume élevé des gonades, car c'est à cette période que le diamètre des tubes est au maximum ainsi que le RGS des poissons. Les valeurs relativement faibles constatées durant la période estivale sont dus aux faibles concentrations en oxygène dissous, privant ainsi les poissons du benthos (Jamet et Lair, 1991).

II.2.11. Analyse par une régression simple des différentes variations

Les résultats de l'analyse des corrélations bi variées en se basant sur des régressions simples sont donnés par la figure ci-dessous :

II.PARTIE EXPERIMENTALE

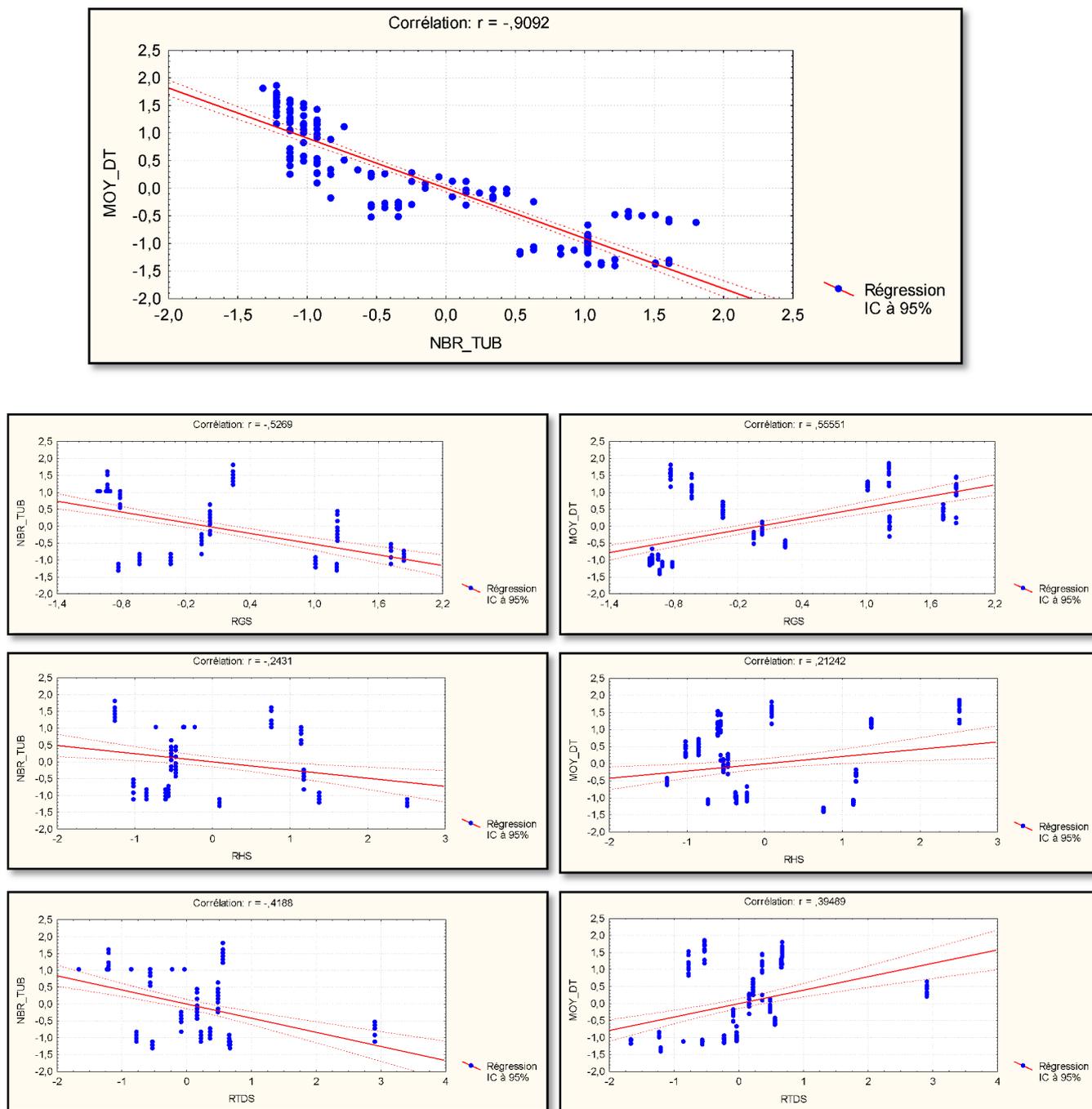


Figure 18 : Nuages de points des régressions simples obtenus respectivement de l'analyse des couples : NBR_TUB/MOY_DT ; RGS/NBR_TUB ; RGS/MOY_DT ; RHS/NBR_TUB ; RHS/MOY_DT ; RTDS/NBR_TUB ; RTDS/MOY_DT

II.PARTIE EXPERIMENTALE

L'analyse bivariée des différents paramètres décrits, dans leurs variations précédemment, en fonction des mois et des saisons, a permis de constater des combinaisons à différents degrés de corrélations, à savoir :

- ✓ Une corrélation de « -0,90 » a été enregistrée entre le nombre de tubes de séminifères et leurs diamètres, marquant ainsi un ajustement linéaire parfait dans le sens négatif. L'augmentation de l'un de ces paramètres engendre la diminution de l'autre, ce qui est une constatation logique car la diminution du nombre de tubes séminifère dans un testicule n'est que le résultat de l'augmentation de leurs diamètres, et cela en se basant sur l'observation des champs histologiques à une même échelle.
- ✓ Des corrélations de « -0,52 » et « 0,55 » ont été données par l'ajustement linéaire entre le rapport gonado-somatique / le nombre de tubes séminifères et le rapport gonado-somatique / la moyenne des diamètres des tubes séminifères. On remarque qu'il s'agit de deux valeurs équivalentes en termes de chiffre et opposées en termes de signe, cela signifie que le RGS augmente parallèlement avec le diamètre des tubes avec une corrélation moyenne, ce qui correspond à l'activité du testicule durant la saison de reproduction. En opposé, un coefficient de corrélation moyen dans le sens négatif entre le RGS et le nombre de tube explique bien la cinétique de variation inverse c'est-à-dire lors de l'activité sexuelle, les tubes augmentent dans le diamètre et diminuent dans le nombre.
- ✓ Le test de régression a marqué une corrélation faible entre le rapport hépato-somatique avec le nombre et le diamètre des tubes, et cela dans les deux sens, négatif « -0,241 » et positif « 0,21 », ce qui signifie une indépendance de la cinétique du RHS et les mensurations liées au testicule.
- ✓ Par contre le rapport du contenu stomacal a donné une corrélation moyenne avec le nombre et le diamètre des tubes dans les deux sens. Une corrélation de « 0,41 » a été enregistrée entre le RTDS et le nombre de tubes, ce qui signifie que l'augmentation du poids du tube digestif est engendrée par l'augmentation du nombre de tubes, ce qui peut être expliqué par l'inutilisation de *Barbus callensis* pour l'alimentation

durant sa période de reproduction. En effet, l'augmentation du diamètre engendre une diminution du RTDS avec une corrélation négative moyenne de « -0,39 » ce qui justifie l'argument précédent.

II.2.12. Analyse en composantes principales des différents paramètres étudiés

Afin de décrire les corrélations simultanées entre les différents paramètres étudiés précédemment, nous avons réalisé par une ACP un graphique des poids factoriels appelé cercle de corrélations et qui illustre en terme de variation équivalentes les groupements de paramètres, les résultats sont donnés par la figure ci-dessous :

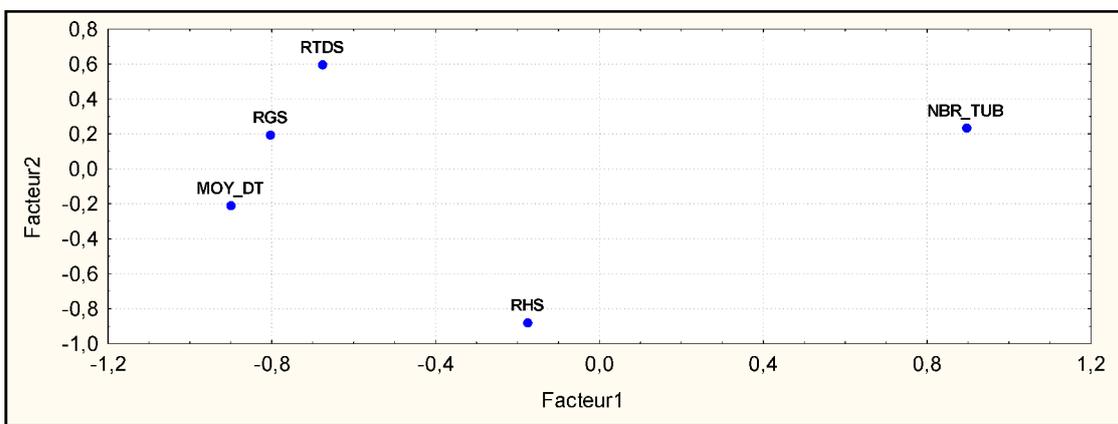


Figure 19 : Cercle de corrélation des paramètres : RGS ; RHS ; RTDS ; MOY_TUB ; NBR_TUB.

On remarque à partir de ce tracé un rapprochement entre le rapport gonado-somatique, le rapport du contenu stomatique et la moyenne des diamètres des tubes séminifères, formant ainsi un groupe à part, alors que le rapport hépato-somatique et le nombre de tubes séminifères s'écartent de l'ensemble et constituent des plages isolées dans le graphique.

Le rapprochement du RGS et des diamètres confirme que les testicules augmentent du volume et du moins durant l'activité sexuelle, cela est associé à une augmentation des réserves stomatiques ce qui confirme que *Barbus callensis* ne les utilisent pas durant cette période, ce qui été démontré précédemment.

L'écartement du rapport hépato-somatique de l'ensemble des paramètres, confirment deux explications données lors des analyses ultérieures :

II.PARTIE EXPERIMENTALE

- ✓ L'une est que la variation dans le nombre et le diamètre des tubes séminifères n'a aucune influence sur le RHS prouvée par la régression simple dont les coefficients de corrélations étaient très faibles.
- ✓ L'autre est que la relation est inverse entre le RGS et le RHS d'un côté, et le RTDS et le RHS de l'autre, cela qui est expliqué par l'utilisation de *Barbus callensis* pour ses réserves hépatiques durant son activité sexuelle.

Le nombre de tubes séminifère également s'est isolé de l'ensemble car il présente une variation inverse par rapport aux : RGS ; RTDS et la moyenne des diamètres ce qui confirme les hypothèses exposées dans les tests ultérieurs.

Les logiques démontrées par le cercle de corrélation ont été traduites de la même manière par la CAH présentée par la figure ci-après, et appuyées par le calcul des distances euclidiennes (Tableau 3) :

Tableau 3 : Matrice de distances entre paramètres obtenue par la CAH à distance Euclidiennes.

	RGS	RHS	RTDS	NBR_TUB	MOY_DT
RGS,	0.0	17,5	11,4	22,6	12,2
RHS	17,5	0.0	20,5	20,4	16,2
RTDS	11,4	20,5	0.0	21,8	14,2
NBR_TUB	22,6	20,4	21,8	0.0	25,3
MOY_DT	12,2	16,2	14,2	25,3	0.0

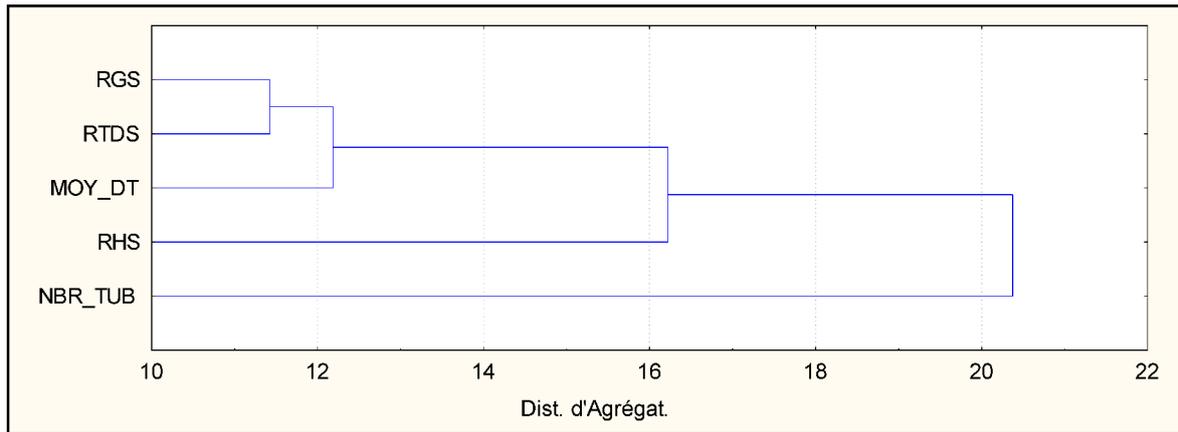


Figure 20 : Classification hiérarchique ascendante obtenue par des distances Euclidiennes des Dist. Euclidiennes (rgs rhs rtds dt nbr t.).

Les résultats obtenus à partir de cette classification sont répartis comme suit :

- ✓ Une distance de 11,4 Agrégats Euclidiens, pour le RGS/RTDS et de 14,2 Agrégats Euclidiens pour MOY-DT/RTDS prouvent que le barbeau n'utilise pas ses réserves stomacales pour assurer l'énergie nécessaire à la reproduction. Les résultats obtenus par l'ACP s'ajoutent pour confirmer cela.
- ✓ RGS/MOY-DT avec une distance de 12,2 Agrégats Euclidiens, certifie les conclusions tirées à partir des analyses précédentes qui apportent que l'évolution de MOY-DT s'accompagne d'une évolution du RGS dans le même sens.
- ✓ Le RHS se sépare du RGS Avec 17, 5 Agrégats Euclidiens, une distance assez significative qui authentifie les résultats obtenus ultérieurement, soutenant l'utilisation des réserves hépatiques comme source d'énergie au moment de la reproduction. Ce qui a été démontrée par une cinétique d'évolution inverse entre les deux paramètres.
- ✓ Une distinction notable entre le NBR-TB et l'ensemble RGS/RTDS, notamment la MOY-DT avec une distance de 25,3 Agrégats Euclidiens témoignent d'une corrélation forte mais inverse avec les deux paramètres. Ce qui a été obtenu par l'application de la régression simple.

Le présent travail a été mené sur l'étude de la dynamique testiculaire de l'espèce *Barbus callensis*, en fonction du temps et des paramètres liés à l'individu, le but de cette approche est de caractériser la physiologie de la reproduction, et déterminer précisément la période de ponte chez cette espèce, en se basant sur la réalisation de diverses corrélations entre les paramètres macroscopiques et microscopiques.

Les principaux éléments que nous avons considérés sont le nombre et le diamètre des tubes (échelle microscopique), le RGS, le RHS et le RTDS (échelle macroscopique).

A la lumière de notre travail, nous avons obtenu les résultats suivants :

- ✓ L'observation des lames histologiques des gonades de *B. callensis*, nous ont permis de distinguer 6 stades évolutifs de la spermatogenèse.
- ✓ La période de ponte de cette espèce au niveau de l'oued Soummam est comprise entre la fin du mois de mai et le mois de juin. En effet, le maximum des diamètres observé en période de fraie coïncide avec les valeurs minimales du nombre des tubes, par conséquent, les courbes obtenues à partir de ces variations apparaissent proportionnellement inverses.
- ✓ D'après l'évolution des paramètres liés à l'individu étudiés, notamment le RGS et le RHS, on admet que le poids des gonades du barbeau mâle, est influencé par le diamètre des tubes séminifères, et qu'il mobilise ses réserves hépatiques pour couvrir l'effort de la reproduction.
- ✓ Des corrélations faibles sont constatées entre le RTDS et le nombre de tubes ainsi que leurs diamètres, signifient que le poids du tube digestif évolue indépendamment de ces paramètres. Il en ressort également, que *B. callensis* cesse de s'alimenter en période d'activité sexuelle.

1. **Aberkane B., 2010.** Etude de la reproduction du barbeau (*Barbus barbuis callensis*) en fonction des paramètres liés à l'individu et à l'environnement. Mémoire de magister. Univ. A. Mira. Bejaia. 64p.
2. **Almaça C., 1976.** La spéciation chez les cyprinidés de la péninsule Ibérique. Trav. Inst. Pêches macit., 40(3 et 4), 399-411.
3. **Bacha M., Amara R., 2007.** Les poissons des eaux continentales d'Algérie. Étude de l'ichtyofaune de la Soummam. Cybium 3 (31) : 351-358.
4. **Baras E., Philippart J.C., 1989.** Application du radiopistage à l'étude éco-éthologique du barbeau fluviatile (*Barbus barbuis*): problèmes, stratégies et premier résultats. Cah. Ethol. Appl. 9: 467-794.
5. **Baras E., 1992.** Etudes des stratégies d'occupation du temps et de l'espace chez le barbeau fluviatile, *Barbus barbuis* (L.). Cah. Ethol., 12(2-3). 125-442.
6. **Baras E. 1993a.** A biotelemetry study of activity centers exploitation by *Barbus barbuis* in the River Ourthe. Cah. Ethol. 13, 173-174.
7. **Baras E. 1995.** Seasonal activities of *Barbus barbuis* (L.): Effect of temperature on time-budgeting. J. Fish Biol, 46, 816-828.
8. **Barnabé G., 1991.** Reproduction chez les poissons. In: Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Lavoisier Paris (Tech & Doc), 500 p.
9. **Benhamiche N., 1997-** Modélisation de la relation pluie-relief en vue de la cartographie par Krigeage : cas du bassin versant de la Soummam. Thèse de magistère en Sciences agronomiques, hydrologie, 180 p. *Institut national agronomique El-Harrach* (Alger).
10. **Billard R., Jalabert B., Breton B., 1972.** Les cellules de Sertoli des poissons téléostéens. I. Etude ultrastructurale. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys., 12(1): 19-32.

11. **Billard R., 1979.** La gamétogenèse, le cycle sexuel et le contrôle de la reproduction chez les poissons Téléostéens. Bull. Fr. Pisc., 273: 117-136.
12. **Billard R., Breton B., 1981.** Le cycle reproducteur chez les poissons téléostéens. Cahier de laboratoire de Montereau N°12. Pp.43-56.
13. **Billard R., 1981, 1982.** The reproductive cycles in teleost fish. Riv. it. piscic. Ittiop., A. XVI, N. 3 et N.4. Pp79-80 et 106-118 et A. XVII, N. 1 et N. 2. Pp 3-7 et 48-67.
14. **Billard R., Fostier A. Weil C., Breton B., 1982.** Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. Can.J. Fish. Aquat. Sci.39. Pp.65-79.
15. **Billard R., 1983b.** Spermiogenesis in the rainbow trout (*Salmo gairneri*). An ultrastructural study. Cell Tissue Res., **283**: 265-284
16. **Billard R., 1986.** Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. Reprod. Nutr. Develpo., 26(4), 877-920.
17. **Bouhbouh S., 2002.** Bio-Ecologie de *Barbus callensis* (Valencienne 1842) et *barbus fritschi* (Günther 1874) au niveau du réservoir allal el fassi (Maroc). Thèse doctorat Es-Sciences, faculté des sciences dhar el mehraz fes. Université Sidi Mohamed ben abdallah.
18. **Bruslé J., Quignard J.P., 2001.** Biologie des poissons d'eau douce européens. Ed. Tec et Doc., 249-266.
19. **Cherghou S., Khodari M., Yaâkoubi F., Benabid M., Badri A., 2002.** Contribution à l'étude du régime alimentaire du barbeau (*Barbus barbus callensis* Valenciennes, 1842) d'un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc) : Oued Boufekrane. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 15, n° 1, 2002, 153-163p.
20. **Coppis J., 2011.** Le manuel parfait marin d'eau douce.

- 21. Cuvier, 1817.** Histoire naturelle des Poissons. Volume II. Paris et Strasbourg.
- 22. De Vlaming V.L., 1974.** Environmental and endocrine control of teleost reproduction. In Control, of sex in fishes, edited by C. B. Schreck. Blacksburg, Virginia Polytechnic institute, pp.13-83.
- 23. Djemali I., 2005.** Evaluation de la biomasse piscicole dans les plans d'eau douce tunisiens : Approches analytique et acoustique. Thèse de doctorat en sciences agronomiques spécialité : Halieutique.1-32.
- 24. Djoudad-Kadji H., Benslimane S., Chevalier C., Kadji B., Exbrayat J.-M., Iguer-ouada M., 2011b.** Visualisation des coupes histologiques des follicules ovariens de *Barbus callensis* : variation de fixateurs et de colorants. Revue Association Française d'Histotechnologie, (AFH), **24**,(1) : 21-28.
- 25. Djoudad-Kadji, thèse en préparation.** Caractérisation de la reproduction du poisson d'eau douce *Barbus barbuis callensis* au niveau de l'Oued Soummam dans la région de Béjaïa. Thèse de Doctorat en co-tutelle, Université de Béjaïa, Algérie, Ecole Pratique des Hautes Etude de Paris, France.
- 26. Dziewulska K., Domagala J., 2003.** Histology of salmonid testes during maturation. *Reprod. Biol.*, **3**(1): 47-61.
- 27. Fishelson L., 2003.** Comparison of testes structure, spermatogenesis, and spermatocytogenesis in young, aging, and hybrid cichlid fish (Cichlidae, teleostei). *J. Morphol.*, **256**: 285-300.
- 28. Flammarion P., 2000.** Mesure d'un bio marqueur de pollution chez les poissons d'eau douce. Ed. ISBN2. Pp35.
- 29. Flammarion P., Noury P., Brion F., Garric J., Babut M., Palazzi X., 2001.** Anomalies histologiques dans les gonades de poissons d'eau douce mâles dans le Rhône à l'aval de Lyon. Etude Cemagref/ Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. Lyon. 30p.

- 30. Francon, M., 1969.** Holographie, Ed. Masson, Paris.
- 31. Gosline W.A., 1971.** Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes. Honolulu.
- 32. Grier H.J., Linton J.R., Leatheland J.F., De Vlaming V.L., 1980.** Structural evidence of two testicular types in teleost fishes. *Am. J. Anat.*, 159. 331-345.
- 33. Grier H.J., 1981.** Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *Am. Zool.*, 21(2). 345-357.
- 34. Grier H.J., 1993.** Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cell barrier. In: *The Sertoli cell*. Russell LD, Griswold MD, eds. Clearwater FL: Cache River Press. 704-736.
- 35. Grier H.J., Taylor R.G., 1998.** Testicular maturation and regression in the common snook. *J. Fish Biol.*, 53: 521-542.
- 36. Grier H.J., Lo Nostro F., 2000.** The teleost germinal epithelium: a unifying concept. *Proc. 6th International Symposium Reprod. Physiol. Fish.* Bergen, Norway. Norsberg et al. eds.
- 37. Gusmão P., Foresti F., Quagio-Grassiotto I., 2002.** The ultrastructure of the premeiotic and meiotic stages of spermatogenesis in *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Perciforme, Sciaenidae). *J. Submicrosc. Cytol. Pathol.*, 34(2): 159-165.
- 38. Hardy I., Martin M., Exbrayat J.M., Goubier V., 2002.** Application des microscopies photonique et électronique à balayage à la mise en évidence du cycle sexuel mâle du black-bass (*Micropterus Salmoïdes* L.) au cours d'un cycle. *Rev. Fr. Histotechnol.*, 15(1): 73- 80.
- 39. Huet M., 1954.** Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bulletin Français de pisciculture* N°175.

- 40. Jamet J-L., Lair N., 1991.** An example of diel feeding cycle of two percids, perch (*Perca fluviatilis*) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) in eutrophic Lake Aydat (France). Ann. Sci. Nat., Zool, Paris. Vol. 12 : 99-105.
- 41. Jeandarme J., Poncin P., Berrebi P., 1992.** Etude préliminaire du comportement d'hybridation de *Barbus barbus* (L.) et *Barbus meridionalis* (Risso) en aquarium. Cah. Ethol., 12(4) : 519-528.
- 42. Kraiem M.M., 1983.** Les poissons d'eau douce de Tunisie. Inventaire commenté et répartition géographique. Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Océanogr. Pêche Salambô, 10 : 107 - 124.
- 43. Kraiem, M. M., Pattee E., 1988-** Salinity tolerance of the barbel, *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Pisces: Cyprinidae) and its ecological significance. Hydrobiologia, 166: 263-267.
- 44. Kraiem M.M., 1994.** Systématique, biogéographie et bio-écologie de *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (poisson, Cyprinidae) de Tunisie. Thèse de doctorat d'état es sciences biologiques. FST. 209p.
- 45. Kraiem M.M., 1994.** Analyse de la variabilité morphométrique et méristique des populations de *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Poissons, Cyprinidés) de Tunisie. Bull. Fran. Pêche pisc., 334: 201-212.
- 46. Kraiem M.M., 1996.** The diet of *Barbus callensis* (Cyprinidae) in northern Tunisia. vol.20, N°1, 758-85.
- 47. La Lancette L.M., 1975.** The seasonal cycle in the germinal cells (testes and ovaries) of the white sucker, *Catostomus commersoni*, of Gamelin lake, Québec. Le naturaliste canadien. Vol. 102 (6) : 725-736.
- 48. Lauder G.V., Liem K.F.,** The Evolution and interrelationships of the Actinopterygian fishes. Bull. Mus. Comp. Zool., n° 150 (3). 95-197.

- 49. Legendre M., Jalabert B., 1988.** Physiologie de la reproduction. In : Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains. Lévêque C., Bruton M.N. et Ssentongo G.W. Eds. ORSTOM Paris, pp. 153-187.
- 50. Lehman J.P., 1966.** Actinoptérygiens. dans Traité de Paléontologie, sous la dir. de J. Piveteau, t. IV, vol. 3.
- 51. Lo Nostro F.L., Grier H., Meijide F.J., Guerrero G.A., 2003.** Ultrastructure of the testis in *Synbranchus marmoratus* (Teleostei, Synbranchidae): the germinal compartment. *Tissue Cell*, 35: 121-132.
- 52. Manni L., Rasotto M.B., 1997.** Ultrastructure and histochemistry of the testicular efferent duct system and spermiogenesis in *Opistognathus whitehurstii* (Teleostei, Trachinoidei). *Zoomorphol.*, 177: 93-102.
- 53. Mattei X., Siau Y., Thiaw O.T., Thiam D., 1993.** Peculiarities in the organization of testis of *Ophidion* sp. (Pisces Teleostei). Evidence of two types of spermatogenesis in teleost fish. *J. Fish Biol.*, 43: 931–937.
- 54. Matsuura S., 2001.** Reproductive cycle, fecundity, and seasonal distribution of the angler fish *Lophius litulon* in the East China and Yellow seas. *Fish Bull.*, 99: 356-370.
- 55. Marshall N.B., 1970.** La Vie des poissons (Life of Fishes, 1966), vol. 2, Lausanne.
- 56. Mellinger J., 2002.** Sexualité et reproduction chez les poissons. CNRS Ed., Paris, 364p.
- 57. Miura T., 1999.** Spermatogenetic cycle in fish. In: Encyclopedia of reproduction. E. Knobil, J.D. Neill Eds. Vol 4. Academic Press, New York, pp. 571–578.

- 58. Nagahama Y., 1986.** Testis. In: Vertebrate endocrinology: fundamentals and biomedical implication. Pang P.K.T., Schreibman M.P., Gorbman A. eds., vol. I. New York: Academic Press, pp. 399–437.
- 59. Nelson J.S., 2006.** Fishes of the World. Ed 4. John Wiley & Sons, New York. pp. 4-5, ISBN 0471250317
- 60. Philippart J.C., 1977.** Contribution à l'hydrobiologie de l'Ourthe. Dynamique des populations et reproduction de quatre espèces de poissons Cyprinidae : *Barbus barbus* (L.), *Leuciscus cephalus* (L.), *Chondrostoma nasus* (L.) et *leuciscus leuciscus* (L.). Thèse de doctorat. Université de Liège, 225p.
- 61. Poncin P., 1989.** Effect of different photoperiods on the reproduction of the barbel, *Barbus barbus* (L.). Reared at constant temperature. J.Fish Biol..35. Pp345-400.
- 62. Poncin P., 1996.** Reproduction chez nos poissons. Ed. Fédération sportive des pêcheurs francophones de Belgique ASBL. DL/1213/1. Pp. 35-39.
- 63. Pudney J., 1995.** Spermatogenesis in nonmammalian vertebrates. Microsc. Res. Tech., **32**: 459-497.
- 64. Rafael Z., Doadrio I., 1998.** Phylogenetic relationships of Iberian Cyprinids: Systematic and biogeographical implications. Proc. R. Soc Lond.B 265, 1365-1372.
- 65. Rahmani A., 2008.** Etude de la reproduction de l'anchois dans le golf de Bejaia. Memoire de Magister. Univ. A. Mira. Bejaia. 55p.
- 66. Raizada A.K., 1975.** The testicular cycle of a Percoid teleost. Gegenbaurs morphol. Jahrb., **121**(1): 77-87.
- 67. Selman K., Wallace R.A., 1986.** Gametogenesis in *Fundulus heteroclitus*. Amer. Zool., 26: 173-192.

Résumé

Barbus callensis, est un cyprinidé endémique des eaux continentales de l'Afrique du nord, notamment en Algérie. Il est aujourd'hui inscrit sur la liste rouge de l'UICN car il est menacé d'extinction.

Ce travail a concerné les populations du *B. callensis* vivant à ouad Soummam. Il consiste à considérer des paramètres macroscopiques (le rapport gonado-somatique (RGS), le poids hépatique (RHS), et du contenu stomacal (RTDS)), et des paramètres microscopiques tels que le nombre et le diamètre des tubes séminifères, ces derniers sont effectués sur des coupes histologiques des gonades mâles du poisson, dans le but d'étudier la dynamique testiculaire et comprendre les interactions existantes entre les paramètres. Les résultats obtenus ont démontré une évolution analogue avec le diamètre des tubes et le RGS, et inverse avec le RHS et le nombre des tubes, apportant ainsi la conclusion que la saison de reproduction *Barbus callensis* se situe entre le mois de Mars et fin Juin, et que durant cette période, ses testicules augmentent du volume du fait de l'élongation des diamètres des tubes, comme on a constaté que ce barbeau cesse son activité alimentaire en période de ponte et mobilise ses réserves hépatiques pour fournir l'énergie essentielle à la reproduction.

Mots clés : *B. callensis*, histologie, testicules, spermatogenèse, reproduction, RGSE, RHSE, RCSE, oued Soummam, Algérie.

Abstract

Barbus callensis is a cyprinid endemic to the inland waters of North Africa; Including Algeria. It is now listed on the IUCN Red List because it is threatened with extinction.

This work concerned the populations of *B. callensis* living in ouad Soummam. It is to consider the macroscopic parameters (the gonad index (RGS), the liver weight (RHS), and stomach contents (RTDS)), and microscopic parameters such as number and diameter of seminiferous tubules, these latter are performed on histological sections of male gonads of fish, in order to study the testicular dynamic and understand the interactions between the parameters. The results showed a similar trend with the tube diameter and the RGS, and contrast with the RHS and the number of tubes, thus making the conclusion that the breeding season of *Barbus callensis* is between the months of March and June, and that during this period, his testicles increase in volume due to the elongation of the tube diameters, as it was found that the barbel ceases trading food in laying period and mobilize its liver reserves to provide the energy essential to reproduction.

Keywords: *B. callensis*, histology, testes, reproduction, RGS, RHS, RTDS, diameters and number of seminiferous tubules, ouad Soummam, Algeria.