

ETUDE DES PARAMETRES MICROSCOPIQUES DE LA BIOLOGIE DE REPRODUCTION CHEZ LA CARPE COMMUNE *CYPRINUS CARPIO COMMUNIS* (L., 1758) DANS LA RETENUE DU BARRAGE SIDI SAAD (CENTRE DE TUNISIE)

Wafa HAJLAOUI^(1,2), S. MILI⁽²⁾, Dh. TROUDI^(1,2) et H. MISSAOUI⁽³⁾

(1) Institut National Agronomique de Tunisie, 48 avenue Ch. Nicole 1082 Tunis. Université de Carthage

(2) Unité de recherche « Exploitation des milieux aquatiques » Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte, BP 15, 7080 Menzel Jemil, Tunisie. Université de Carthage

(3) Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), 28, rue du 2 mars 1934, Salammbô, 2025, Tunis, Tunisie. Université de Carthage
wafahajlaoui@yahoo.fr

ملخص

دراسة المعايير المجهرية لبيولوجيا التكاثر لدى سمك المبروك أو الكارب : تهدف دراسة الأنسجة لدى سمك المبروك إلى تحديد مختلف أطوار نمو البويضات و وصف حركية تطورها و إستراتيجية بيض هذا النوع من الأسماك. أجريت هذه الدراسة على عينة مكونة من 150 مبيض لأنثى الكارب وقع اصطيادها في سد سيدي سعد. كما اعتمدنا تعداد الجريبات المتبقية بعد عملية الإباضة والبويضات المنفصلة كدليل على وجود عمليات إباضة سابقة. كما وقع ربط كل الأطوار النسيجية مع المراحل العينية للنضج الجنسي وذلك للتحديد من كل مراحل دورة التكاثر لدى الكارب. مكن تحليل أنسجة المبيض من تقسيم فترة تكون البويضات الى 4 مراحل: تكون المح، الإباضة الجزئية، نهاية الإباضة والراحة الجنسية. وتبين أن الدورة الجنسية لأنثى الكارب تتكون من 6 مراحل : ما قبل النضج، الراحة الجنسية، بداية تكون المح، الإباضة، ما بعد الإباضة والاسترداد. اثبت الوجود المترامن للجريبات المتبقية بعد عملية البيض. هذا وتبيض أنثى الكارب حوالي 102 ألف بيضة بالنسبة للكغ الواحد من وزن الجسم.
الكلمات المفتاحية : الكارب، سد سيدي سعد، التكاثر، دراسة الأنسجة، الإباضة.

RESUME

L'étude histologique chez la carpe (*Cyprinus carpio communis*) de la retenue du barrage Sidi Saâd a pour objectifs l'identification des différentes phases du développement ovocytaire, la description de la cinétique de l'ovogenèse et la stratégie de ponte de cette espèce. Cette étude a été réalisée sur les ovaires de 150 femelles de la carpe commune pêchées dans le barrage. Les follicules post-ovulatoires et les ovocytes atrétiques ont été utilisés comme indicateurs d'une activité de ponte antérieure. Chaque phase histologique a été corrélée au stade macroscopique de maturité et au rapport gonado-somatique des individus étudiés et ceci afin de valider les différentes phases du cycle de reproduction chez la carpe. L'analyse des coupes histologiques des ovaires a permis de diviser l'ovogenèse en 4 phases : la vitellogenèse, la ponte partielle, la fin de ponte et le repos sexuel. Le cycle sexuel des femelles de la carpe peut être composé de 6 étapes : juvéniles, repos sexuel, début de la vitellogenèse, vitellogenèse, ponte, post-ponte et récupération. La présence des follicules post ovulatoires et des ovocytes à différents stades de développement permettent d'affirmer que la carpe commune est une espèce à ponte sériée.

L'estimation de la fécondité chez la carpe a indiqué que cette espèce porte environ 102000 œufs par kg du poids corporel.

Mots clés : *Cyprinus carpio communis*, stratégie de ponte, cinétique de l'ovogenèse, histologie, fécondité, Barrage Sidi Saâd.

ABSTRACT

Microscopic parameters of the reproductive biology of the common carp *Cyprinus carpio communis* in Sidi Saad reservoir: The histological study of carp (*Cyprinus carpio communis*) in the reservoir of the Sidi Saad aims to identify the different phases of oocyte development, describe the oogenesis kinetics and studying the spawning strategy of this species. This study was made on the ovaries of 150 female common carp caught in the reservoir. Post-ovulatory follicles and atretic oocytes were used as indicators of anterior spawning activity. Each histological phase was correlated to the macroscopic stage of maturity and to the gonado-somatic relationship in order to validate the reproductive phases for the carp. Histological analysis of ovaries shows that oogenesis can be divided in 4 phases : Vitellogenesis, partial spawning, end of lay and sexual rest. The females carp sexual cycle is composed by 6 stages: juveniles, sexual rest, early vitellogenesis, vitellogenesis, oviposition, post-laying and recovery. The presence of post-ovulatory follicles and oocytes at different stages of development indicates that the common carp is a serial spawning species.

The fecundity estimation indicates that carp species carry about 102,000 eggs per kg of their body weight.

Key words: *Cyprinus carpio communis*, spawning strategy, kinetics of oogenesis, histology, fertility, Sidi Saad Dam

INTRODUCTION

La carpe commune *Cyprinus carpio communis* (L., 1758) est une espèce qui fut introduite à partir de 1965 (Rhouma., 1975) dans la plupart des barrages et des lacs artificiels en Tunisie. Malgré l'importance de cette espèce dans l'aquaculture continentale, nous avons constaté l'absence de travaux qui se sont intéressés aux aspects macroscopiques et microscopiques de la reproduction de cette espèce. Dans cette étude nous avons essayé d'identifier les principaux paramètres biologiques de la reproduction chez la carpe dans le but d'améliorer la compréhension de son cycle biologique. Nous estimons dans cette optique que la connaissance des paramètres relatifs à la stratégie de reproduction des espèces exploitées est indispensable pour une gestion rationnelle de la carpe et pour une gestion appropriée des pêcheries. Les études microscopiques ont été communément utilisées dans les études de la reproduction chez plusieurs espèces marines et continentales (Kraïem, 1994 ; Toujani, 1998 ; Gaamour, 1999 ; Sivakumarn et al, 2003 ; Smith et Walker, 2004 ; Brown et al., 2005).

De plus, les études histologiques fournissent des informations détaillées sur les substructures cellulaires qui peuvent être identifiées dans les follicules en croissance et leurs prédominances durant tout le cycle reproductif de l'espèce.

Dans ce travail, l'étude histologique nous a permis de caractériser avec précision les différentes phases ovariennes du cycle reproducteur chez la carpe. L'observation microscopique des ovaires représente la première approche pour la validation des résultats macroscopiques obtenus sur la reproduction de cette espèce dans la retenue du barrage Sidi Saâd (Hajlaoui, 2016).

Pour identifier les structures ovariennes au cours du développement ovarien, une échelle microscopique des stades du développement ovocytaire a été établie. Le principe de la méthode consiste à identifier à travers des coupes histologiques les différentes phases et de décrire la cinétique de l'ovogenèse ainsi que la stratégie de ponte chez cette espèce. La stratégie de ponte d'une femelle type de la carpe a été réalisée en se basant sur la composition en types d'ovocytes et sur l'analyse des fréquences des différents stades de développement ovarien.

MATERIEL ET METHODES

Les opérations d'échantillonnages ont eu lieu de Janvier 2007 à Décembre 2008. Le travail mené au laboratoire a concerné 1291 femelles et il a porté sur les aspects macroscopique et microscopique. Le sexe a été déterminé macroscopiquement ; pour chaque femelle, la longueur totale (Lt) a été mesurée avec une précision de 1 mm. La masse totale (Wt) et la

masse de l'animal éviscéré (Wev) ont été effectuées au dixième de gramme près. Après dissection, les gonades ont été prélevées et pesées avec une précision de 0,1 g.

Pour l'étude microscopique, incluant l'identification des différentes structures ovariennes et la cinétique de l'ovogenèse, on a utilisé 150 spécimens de différentes classes de tailles.

Les fragments des gonades destinés à l'étude histologique des ovaires ont été fixés au Bouin alcoolique pendant 48h. Après fixation, les échantillons ont été déshydratés en utilisant des bains successifs d'éthanol de degrés croissant (95° à 100°). Ils ont été placés ensuite dans un solvant de paraffine ; le toluène a servi également comme liquide intermédiaire pour l'inclusion à la paraffine. Des coupes de 10 µm d'épaisseur ont été réalisées et colorées au Trichrome de Masson modifié qui s'harmonise bien avec le Bouin alcoolique et permet une étude des structures internes du tissu gonadique (Gaamour, 1999). L'acide périodique de Schiff (APS) a été utilisé pour colorer les coupes dans le but de déceler l'apparition des inclusions glucidiques dans les ovocytes (Martoja et Martoja, 1967 ; Le Duff, 1997). Chaque coupe a été examinée au microscope. Les photomicrographies des coupes histologiques et les mesures sur les ovocytes ont été effectuées en utilisant un système d'analyse d'image.

L'identification des stades microscopiques a été basée sur plusieurs critères comme la taille et la forme de l'ovocyte, celle du noyau et du cytoplasme et de son homogénéité. Les diamètres des ovocytes par stade ont été mesurés afin de déterminer la gamme des diamètres des ovocytes aux différents stades de développement. Seuls les ovocytes, où la coupe histologique passe par le noyau, approximativement sur son plan équatorial, ont été mesurés.

Dans l'étude de la cinétique de l'ovogenèse, les follicules post-ovulatoires (FPO) et les ovocytes atrétiques ont été considérés comme indicateurs d'une activité de ponte antérieure. Le cycle ovarien a été établi histologiquement en se basant sur les fréquences relatives des différents stades de développement ovocytaires et des follicules post-ovulatoires.

Pour l'étude de la fécondité, des échantillons d'ovaires conservés préalablement dans le liquide de Gilson, ont été totalement dissociés. Les ovocytes ont été nettoyés et séparés du tissu conjonctif par décantation dans des bains successifs d'eau distillée. Chaque échantillon ainsi traité a été dilué dans un volume d'eau de 1000ml. Après homogénéisation, 3 sous échantillons de 1,5 ml chacun ont été prélevés. Les mesures des diamètres ovocytaires des sous échantillons ont été effectuées grâce à un système d'analyse d'image et le logiciel de mesure « OPTIMAS ». Pour chaque ovaire échantillonné, la distribution des diamètres ovocytaires, par classe de

(50µm), a été établie en utilisant le logiciel Statistica statSoft. Les résultats obtenus ont été utilisés pour déterminer la fécondité. Le principe de la méthode est de compter le nombre d'ovocytes chez les femelles en pré-ponte et en ponte. Ce nombre obtenu correspond au sous échantillon de 4,5 ml prélevé, on déduit l'effectif d'ovocytes dans le volume 1000 ml pour avoir la fécondité absolue. Par la suite, la fécondité relative par gramme de poisson et par gramme de gonades a été déterminée sur la base du nombre d'ovocytes obtenu. Nous avons, en outre, établi par la méthode des moindres carrés les équations de relation :

$$F = aX^b,$$

Où:

F: constitue la fécondité absolue;

X: est la longueur totale du spécimen (Lt), la masse totale (Wt), la masse du poisson éviscéré (We) où la masse des gonades.

Les paramètres a et b sont obtenues en effectuant une régression linéaire avec transformation logarithmique des longueurs et des fécondités.

RESULTATS

Etude histologique des ovaires

L'étude histologique a concerné 150 individus et a montré que les ovocytes passent par différentes étapes de maturation au cours de l'ovogenèse ; ils augmentent de taille et accumulent successivement des réserves glucidiques, lipidiques et protidiques pour le développement du futur fœtus ; ces transformations s'effectuent d'une manière continue, mais il serait plus commode de déterminer plusieurs stades caractéristiques qui présentent des particularités pour les identifier afin de suivre l'évolution ovocytaire (Le Duff, 1997).

L'analyse des coupes histologiques des ovaires des femelles de la carpe a permis de diviser l'ovogenèse en 4 phases : vitellogenèse, ponte partielle, fin de ponte et repos sexuel. Ainsi, 6 stades de développement ovocytaire ont pu être identifiés.

1- Stade de développement ovocytaire

- **Stade I : ovocytes primaires préliminaires** : ovocytes sont de petite taille avec un cytoplasme homogène et un gros noyau présentant plusieurs nucléoles avec un rapport nucléoplasmique élevé. Le diamètre des ovocytes varie de 120 à 250 µm (Fig.1A).

- **Stade II : ovocytes primaires en accroissement (prévitellogéniques en accroissement)** : le cytoplasme et le noyau augmentent de diamètre avec des nucléoles de petites tailles et de position périphérique. Le diamètre des ovocytes oscille entre 250 et 400 µm (Fig.1B).

- **Stade III : ovocyte en vitellogenèse primaire** : c'est un ovocyte qui se caractérise par une

membrane nucléoplasmique lobée ou logent les nucléoles, par la formation de la *zona radiata* et l'apparition des premières inclusions glucidiques et quelques inclusions lipidiques. Le diamètre des ovocytes oscille entre 400 et 700 µm (Fig.1C).

- **Stade IV** : les ovocytes de ce stade sont au début de la vitellogenèse secondaire. L'ovocyte et le noyau augmente en taille (diamètre moyen de l'ovocyte entre 700 et 1050 µm) avec un *zona radiata* plus épais et dont le cytoplasme est envahi par des inclusions vitellines exogènes. Ces ovocytes sont caractérisés par l'accumulation de petites inclusions de réserve dans le cytoplasme périphérique. L'accumulation centrale des réserves déplace les alvéoles corticaux à la zone périphérique du cytoplasme. A ce stade ovocytaire, le cytoplasme est hétérogène. Les lobes des enveloppes nucléaires sont plus développés que les ovocytes en vitellogenèse primaire (Fig.1D).

- **Stade V** : les ovocytes de ce stade sont en fin de vitellogenèse secondaire. C'est un ovocyte très volumineux à rapport nucléoplasmique très faible. Les inclusions vitellines envahissent la quasi-totalité du volume cellulaire. Chez ces ovocytes, la vitellogenèse exogène est dominante dans un cytoplasme homogène. La présence de ces ovocytes dans la coupe histologique indique une proche période de ponte. Les diamètres moyens des noyaux et des ovocytes sont respectivement de 220 µm et de 1200µm (diamètre de l'ovocyte entre 1050-1380µm) (Fig. 1E)

- **Stade VI** : il s'agit d'un ovocyte hyalin. Ce stade est marqué par la migration du noyau vers le pôle animal et par un espace cytoplasmique remplis en inclusion vitelline. A ce stade, l'augmentation brutale du diamètre ovocytaire provoque l'écrasement des couches de la *zona radiata* et la rupture de la *granulosa* ; l'ovocyte est libéré de son follicule. Après ovulation, ces deux éléments de l'ovocyte demeurent dans l'ovaire et subissent un processus de dégradation pour former les follicules post-ovulatoires.

- **Follicule post-ovulatoire (FPO)** : la thèque conjonctive et les cellules de la *granulosa* qui restent dans l'ovaire après la ponte forment le follicule post-ovulatoire. Les follicules jeunes ont une grande cavité centrale limitée par les cellules hypertrophiées de la *granulosa*. Avec le temps, celles-ci envahissent progressivement cette cavité qui finit par dégénérer; ce groupe de cellules est alors entouré de la thèque conjonctive qui est très épaisse. La présence de follicules post-ovulatoires dans les coupes d'ovaires est le signe d'une ponte antérieure (Fig.1F).

- **Ovocyte atrétique (Atr)** : lors de leur développement certains ovocytes vitellogéniques passent en état d'atrésie. Leur *granulosa* se dégrade en premier, suivie par la *zona radiata*. Les inclusions perdent leur individualisation, elles fondent en un

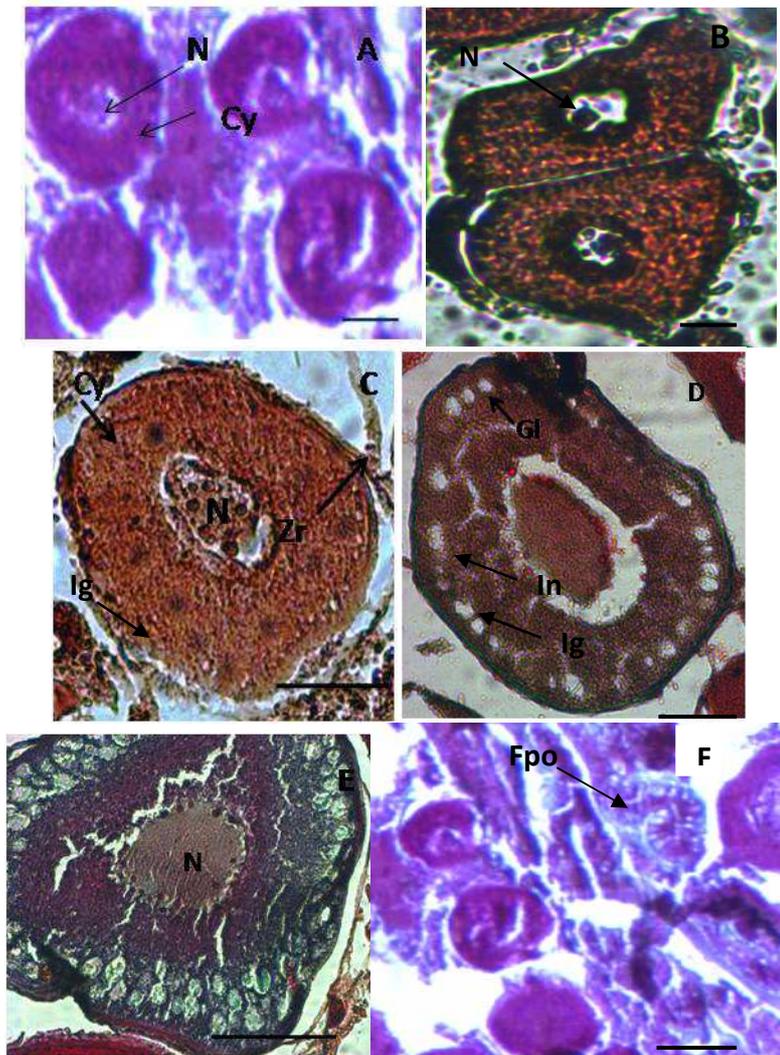


Figure 1: Caractéristiques histologiques des stades de développement ovocytaires de *Cyprinus carpio communis*. A : Ovocyte primaire préliminaire St1 (barre d'échelle : 50µm), B : ovocyte primaire en accroissement St2 (barre d'échelle : 100µm), C : Ovocyte en vitellogenèse primaire St3 (barre d'échelle : 150µm), D : Ovocyte au début de vitellogenèse secondaire St4 (barre d'échelle : 200µm), E : Ovocyte en fin de vitellogenèse secondaire St5 (barre d'échelle : 300µm), F: Ovocyte atrétique Atr (barre d'échelle : 100µm), Ig : Inclusions glucidiques, In : Inclusions, Gl : Gouttelettes lipidiques, Gr : *Granulosa*, Cy : Cytoplasme, N : Noyau, Zr : *Zona radiata*.

seul mélange cytoplasmique. Enfin, le noyau devient diffus et de forme irrégulière. Cette atrésie ne touche que les ovocytes vitellogéniques. Si l'atrésie est très avancée la structure ainsi formée peut se confondre avec un follicule post-ovulatoire âgé. Les ovocytes passent en atrésie lorsqu'ils ne peuvent pas atteindre leur maturation finale.

2- Structure ovarienne : composition en ovocytes et phases de maturité

Les coupes histologiques des ovaires montrent des ovocytes empilés et serrés les uns contre les autres laissant par endroit peu d'espace pour le stroma ovarien et les vaisseaux sanguins. Durant le cycle de développement ovarien chez les carpes du barrage Sidi Saâd, différentes structures et phases microscopiques ont pu être observées. Les fréquences relatives des différents stades ovocytaires et des

follicules post-ovulatoires observés nous ont permis de caractériser chaque phase (Fig.2).

- Les ovogonies sont de forme sphérique et ils sont présents chez toutes les femelles quel que soit leur stade de développement. Elles sont groupées à la périphérie de l'ovaire dans les lobules ovariens (Fig. 2A).
- Les ovocytes prévitellogéniques aux stades St1 et St2 sont présents dans tous les ovaires durant toute l'année et indépendamment de l'étape du cycle sexuel, avec des fréquences variables. Ces ovocytes sont de petite taille avec un cytoplasme homogène. Les noyaux des ovocytes à ces deux stades sont de grande taille avec un rapport nucléoplasmique élevé (Fig. 2 B).
- Les ovocytes vitellogéniques aux stades St3, St4 et St5 sont caractérisés par un cytoplasme hétérogène.

Ils apparaissent dans les ovaires des femelles en maturation et en période de ponte. À un stade avancé de l'ovogenèse, les ovocytes se distinguent par le degré d'hétérogénéité et par la nature du vitellus. Les ovocytes vitellogéniques, vue leurs grandes tailles, occupent la totalité de la coupe histologique laissant ainsi un tout petit espace pour les ovocytes prévitellogéniques (Fig. 2 C, D et E).

- Les follicules post ovulatoires (Fpo) sont présents chez les femelles en post ponte et pendant la période de récupération. La présence de ces structures ovariennes indique qu'une ponte antérieure a eu lieu.

Ces Fpo sont associés généralement à une augmentation spectaculaire de la fréquence des ovocytes atrétiques qui n'ont pas terminé leur développement. Ces ovocytes atrétiques dégénèrent. L'intensification du phénomène de l'atrésie est le signe de la fin de la ponte et le début de la phase de récupération. Les femelles au début de vitellogenèse ont une très faible fréquence d'ovocytes atrétiques. La fréquence relative des ovocytes atrétiques et le pourcentage des femelles ayant de l'atrésie augmentent progressivement d'une étape du cycle à la suivante (Fig. 2F).

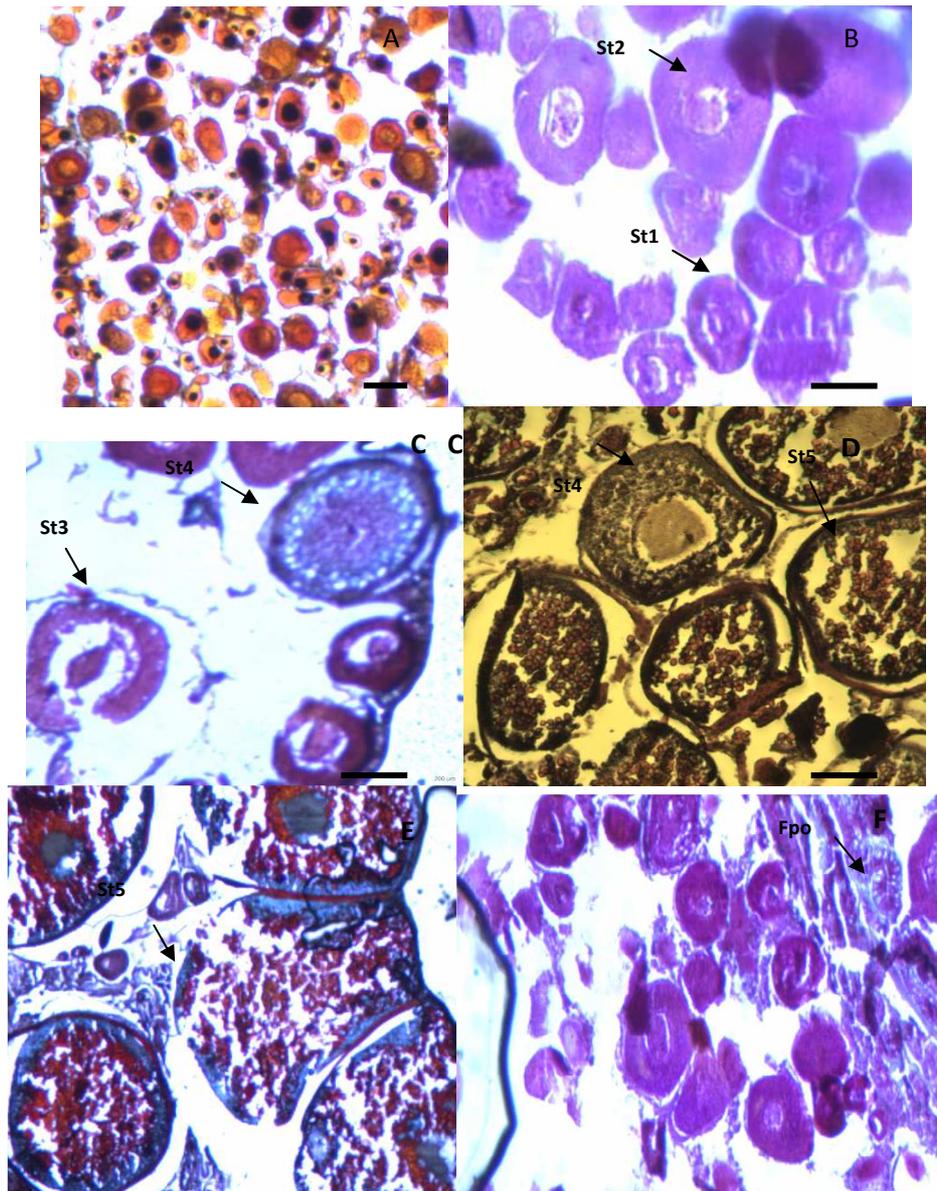


Figure 2 : Caractéristiques histologiques des structures ovariennes en différentes phases du cycle sexuel chez *Cyprinus carpio communis*. A : Juvenile (barre d'échelle : 50 μ m), B : repos sexuel (barre d'échelle : 100 μ m), C : Début de vitellogenèse (barre d'échelle : 200 μ m), D : Vitellogenèse (barre d'échelle : 200 μ m), E : Ponte (barre d'échelle : 200 μ m), F : Post-ponte et récupération (barre d'échelle : 200 μ m). Atr = Ovocyte atrétique, Ov: Ovogonie, Fpo: Follicule post-ovulatoire, St1, St2, St3, St4 et St5= Stades ovocytaires.

Tableau I :Structure microscopiques au cours de l'évolution de la maturité ovarienne chez la femelle de carpe commune.

Phase de maturité	Caractéristiques microscopiques
Juvenile	Structure ovarienne homogène, composée essentiellement par le stroma ovarien, les ovogonies et les ovocytes sont aux stades St1 et St2. Chez les femelles immatures de grande taille, l'ovaire peut contenir quelques ovocytes au St3 qui vont dégénérer par atresie. (Fig. 2A)
Repos sexuel	Les ovaires ne contiennent que des ovocytes prévitellogéniques St1 et St2. L'ovaire contient plus d'ovocytes au St2 et moins de stroma ovarien que celui du stade juvénile (Fig. 2B).
Début de la vitellogenèse	Les ovocytes les plus avancés sont au stade de vitellogenèse primaire. Les ovocytes au stade St3 sont dominants dans la section ovarienne et représentent 57% du volume total de l'ovaire (Fig. 2C).
Vitellogenèse	La coupe ovarienne montre des ovocytes au début de vitellogenèse secondaire St4 (Fig. 2D) représentent 66% du volume total. Ces St4 sont associés à des ovocytes prévitellogéniques et des ovocytes St3 (constituent 25% du volume total).
Ponte	La structure histologique indique la présence des ovocytes en fin de vitellogenèse secondaire St5, avec un grand pourcentage (25,5%) ainsi que des ovocytes prévitellogéniques, St3 et St4 représentant ensemble 23% des ovocytes comptés (Fig.2E).
Post-ponte et récupération	Les follicules post-ovulatoires indiquent qu'une ponte a eu lieu. Ces Fpo (Fig. 2F) représentent environ 9 % des ovocytes dénombrés. Le reste des ovocytes est à différentes phases de développement. Chez la carpe, l'intensification du phénomène de l'atresie est le signe de la fin de la ponte et le début de la phase de récupération.

L'analyse de l'histologie des ovaires permet de décomposer le cycle sexuel des femelles de la carpe en 6 étapes, chaque étape est caractérisée par une structure bien définie. Le tableau I résume les phases de maturité des structures ovariennes chez les femelles de la carpe (juvenile, repos sexuel, début de la vitellogenèse, vitellogenèse, ponte, post-ponte et récupération).

Les femelles de carpe en phase de début de vitellogenèse ont été observées entre octobre et novembre. Les individus avec des ovaires au stade de vitellogenèse sont présents entre novembre et février. Les ovaires au stade de ponte sont rencontrés durant les mois de mars et avril. Le stade de post-ponte et récupération a commencé à partir du mois d'avril. Le stade de repos sexuel a pu être caractérisé suite à la capture des individus durant l'été. Les juvéniles sont présents tout le long de l'année. Cette analyse histologique des ovaires des femelles des carpes confirme bien les phases et la durée des différentes étapes du cycle sexuel déjà déterminé macroscopiquement.

3- Cinétique de l'ovogenèse chez une femelle type

L'analyse de la fréquence relative (%) des différents stades ovocytaires et des follicules post-ovulatoires des différentes coupes histologiques des ovaires des

femelles de la carpe ont permis d'établir la cinétique de l'ovogenèse chez une femelle type de la carpe.

Au total neuf types histologiques ovariens ont été isolés : les types 1 et 2 sont représentatifs des femelles au repos sexuel ; les types 3 à 5 de celles en vitellogenèse ; les types 6 et 7 de celles en post ponte partielle et les types 8 et 9 de celles en post ponte totale et récupération. (Fig. 3)

Femelles juvéniles et au repos sexuel

La majorité des femelles de petite taille (inférieur à Lm50) échantillonnées ont toutes des ovaires du type 1. Les femelles pêchées entre le mois de juillet et de septembre ont toutes des ovaires du type 2. Elles sont au repos sexuel et leurs ovaires ne contiennent que des ovocytes prévitellogéniques des stades I et II. L'augmentation de la fréquence relative des ovocytes au stade II indique la fin du repos sexuel (type 2).

Femelles en vitellogenèse

Le type 3 indiquant le début de la vitellogenèse, est marqué par l'apparition des stades III et IV avec une faible fréquence (0,4 %). Ce type est observé chez les femelles capturées au mois d'octobre. Les ovaires des femelles du type 4 montrent des ovocytes de stade V avec une fréquence relative faible (15,4 %). Ces derniers deviennent plus fréquents (24,8 %) au cours de la vitellogenèse très avancée (type 5) et les

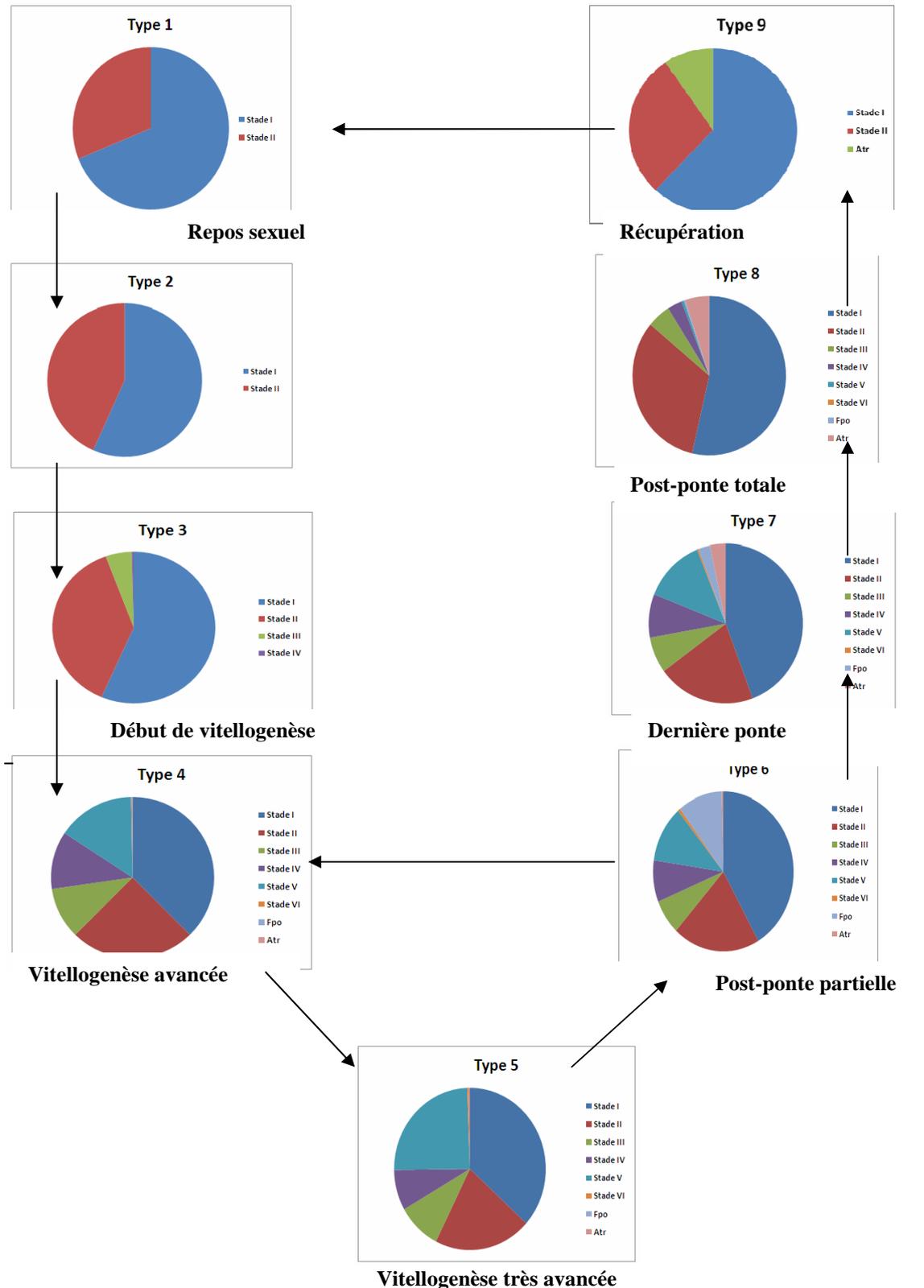


Figure 3 : Cinétique de l'ovogénèse chez une femelle type de la carpe commune.
Avec : fpo follicules post-ovulatoires et atr ovocytes atrétiques.

ovocytes hyalins (stade VI) font leur apparition.

Femelles en post-ponte et récupération

La phase de post-ponte partielle est marquée par la présence de follicules post-ovulatoires témoins d'une

ponte antérieure. Cette phase peut être décomposée en deux types selon la fréquence relative des ovocytes atrétiques : la post-ponte partielle (type 6) est marquée par une fréquence relative faible des

ovocytes atrétiques (0,4 %); par contre pour la dernière ponte (type 7) cette fréquence est plus importante (3,3 %). Ces deux derniers types sont observés chez les femelles échantillonnées aux mois d'avril, mai et juin. A la fin de la période de ponte (type 8), la fréquence relative des ovocytes atrétiques augmente considérablement pour atteindre 5,1 %, par contre celles des ovocytes des stades IV et V deviennent plus faible (3,1 et 0,6 %). Ce type histologique est observé chez les femelles capturées aux mois de mai et juin.

Le type 9 caractérise les femelles en récupération. Les ovaires ayant ce type histologique ne possèdent que des ovocytes aux stades I (62 %), II (28,4 %) et des ovocytes atrétiques (9,6 %).

La présence simultanée de follicules post-ovulatoires et d'ovocytes à différents stades de développement permet de conclure que la carpe dans la retenue du barrage Sidi Saâd est une espèce à pontes sériées. Pendant la période de ponte, plusieurs lots d'ovocytes sont émis. La fréquence relative des ovocytes au stade V chute après chaque ponte partielle puis augmente pour atteindre un nouveau maximum.

Les types histologiques 4, 5 et 6 sont observés plusieurs fois pour une seule femelle au cours de sa période de ponte. Après une ponte partielle, elle revient au stade de vitellogenèse avancée et passe par une boucle qui se répète (n-1) fois avec n le nombre de série de ponte. L'augmentation de la fréquence des ovocytes atrétiques et la diminution de celles au stade V

annoncent la fin du système de boucle et l'émission de la dernière série de ponte. La fin de la période de ponte est caractérisée par l'augmentation de la fréquence des ovocytes atrétiques et la diminution de celle des stades III, IV et V.

4- Distributions des diamètres ovocytaires et stratégie de ponte :

L'analyse de l'histologie ovarienne a permis de déterminer la méthode d'évolution des ovocytes vers la maturité. La stratégie de ponte fait appel à une autre méthode complémentaire : le suivi de la distribution des diamètres ovocytaires.

L'examen des diamètres des ovocytes des différents ovaires échantillonnés (150) a permis de distinguer les types de distributions suivantes (Fig. 4) :

Type 1 : il est observable chez les femelles immatures et au repos sexuel. Le seul lot présent est celui des ovocytes dont le diamètre est inférieur à 300 μm .

Type 2 : caractérise les femelles dont les ovaires sont en développement : Les ovocytes de ce type sont en accroissement. Cette distribution est caractérisée par la présence d'un lot qui est bien séparé et qui s'étale de 500 à 1000 μm . Le stock des ovogonies est toujours présent.

Type 3 : caractérise les femelles dont les ovaires sont en développement. Cette distribution est caractérisée par la présence d'un deuxième lot. Le lot le plus évolué est composé par des ovocytes ayant un diamètre qui varie de 1000 à 1400 μm . Le lot le moins évolué est formé par des ovocytes ayant des diamètres variants entre 400 et 800 μm . Nous n'avons pas noté de séparation (hiatus) entre les lots. De plus tous les stades microscopiques sont présents. Cette catégorie présente une distribution plurimodale avec un diamètre maximale qui varie entre 1000 à 1400 μm . Chez ces individus deux lots d'ovocytes vitellogéniques peuvent être isolés. Le premier est constitué d'ovocyte au stade 3 et de jeunes ovocytes stade 4. Le second est constitué de grands ovocytes au stade 4 et d'autres au stade 5 (Fig. 4).

Type 4 : on a noté que le deuxième lot est bien individualisé et un premier situé entre 400 et 900 μm . Les diamètres composant le second lot varient entre 1000 et 1500 μm . Le premier lot est composé d'ovocytes au stade 3 et 4 alors que le deuxième rassemble les ovocytes aux stades 4 et 5

Type 5 : Peut-être rencontrée chez les femelles en ponte (ponte partielle). Cette distribution est caractérisée par une distribution plurimodale avec la présence de trois lots d'ovocytes vitellogéniques. Le premier est composé d'ovocytes ayant un diamètre qui varie entre 300 et 700 μm , ce lot est constitué d'ovocyte au stade 3 et des jeunes stade 4. Le second est composé d'ovocytes au stade 4 et de jeunes stade 5, le mode de ce lot est situé à 1000 μm . Le lot le plus avancé est constitué essentiellement d'ovocytes au stade 5. Ces femelles ont pondu au moins une fois et elles se préparent à le faire une autre fois.

Type 6 : post-ponte et récupération : le lot le plus avancé est pondu, il ne reste dans l'ovaire que des ovocytes prévitellogéniques et quelques ovocytes vitellogéniques qui vont devenir atrétiques. Les femelles de cette catégorie ont pondu au moins trois fois. Les ovaires sont en post ponte totale. Ils présentent un grand nombre d'ovocytes atrétiques et de follicule post-ovulatoire. Le faible effectif des ovocytes vitellogéniques et l'augmentation de l'atrésie témoignent de la fin de la ponte.

L'étude histologique des ovaires et l'analyse des distributions des diamètres ovocytaires ont permis de classer la carpe parmi les espèces à ponte sériées. En résumé, nous pourrions dire qu'au cours d'un cycle sexuelle, la distribution des diamètres ovocytaires chez une femelle de la carpe passe successivement par les catégories de type 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

Pour toutes les distributions étudiées aucun hiatus n'est repéré entre les ovocytes prévitellogéniques et ovocytes vitellogéniques du stade III qui confirme que le recrutement des ovocytes au stade III est continu le long du cycle sexuel. Les valeurs du

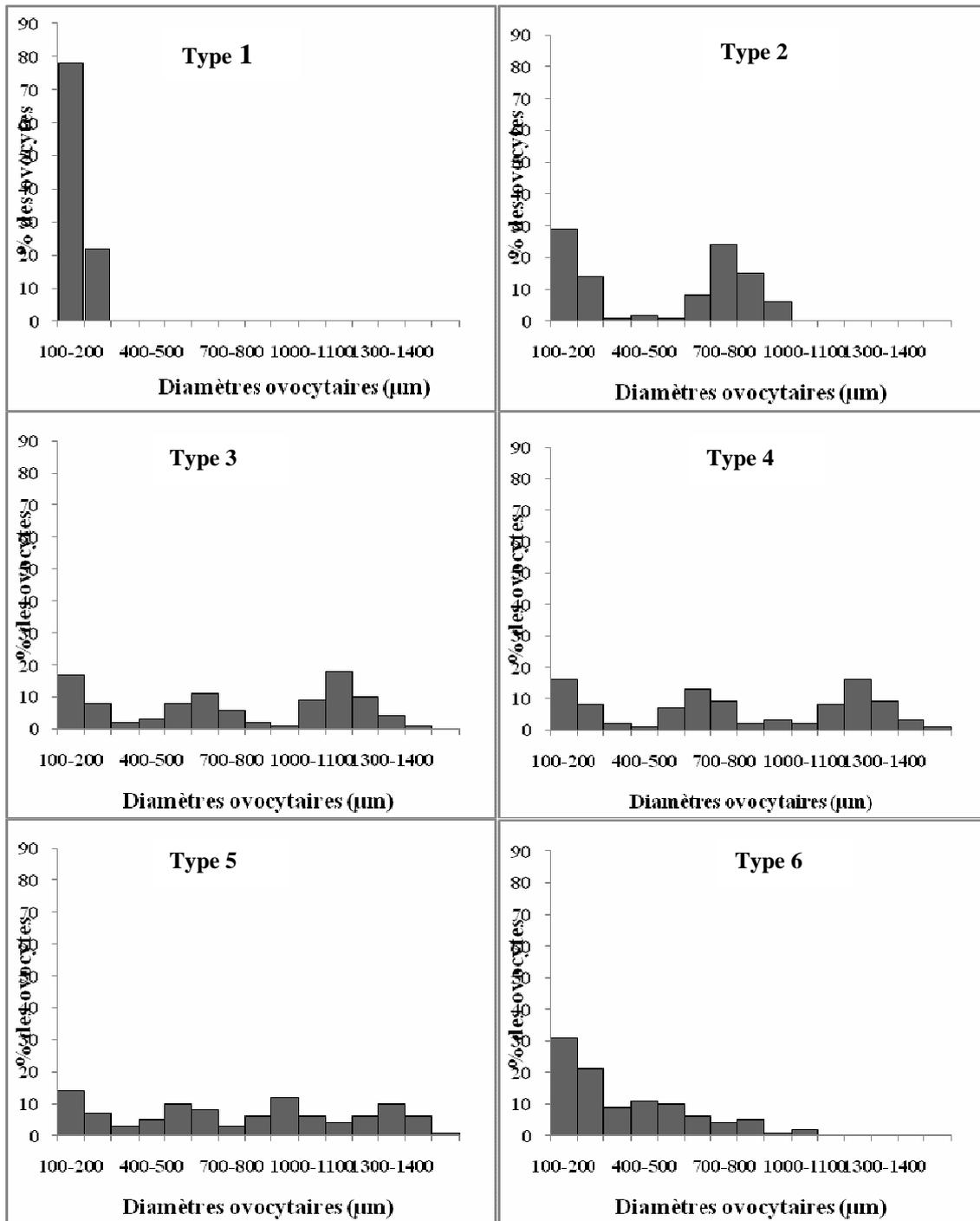


Figure 3 : Distribution des diamètres ovocytaires chez *Cyprinus carpio communis* durant les principales étapes du cycle sexuel. Type 1 : repos sexuel ; Type 2 et 3 : développement ovarien ; Type 4 et 5 : ponte partielle ; Type 6 : post-ponte et récupération.

diamètre à partir duquel le lot d'ovocyte le plus avancé se détache des autres diminuent après chaque série de ponte. En plus de cette diminution, le nombre d'ovocytes vitellogéniques chute après chaque ponte partielle. Ceci permet de dire que le nombre d'ovocytes pondus au cours de chaque série de ponte est supérieur à celui des ovocytes au stade III nouvellement recrutés. La présence de trois lots

d'ovocytes vitellogéniques dans les ovaires des femelles en pré-ponte laisse penser qu'une carpe femelle pond trois fois ou plus pendant chaque cycle sexuel.

5- Fécondité

L'évaluation de la fécondité individuelle chez cette espèce à ponte sériée peut être exprimée par la fécondité qui correspond au nombre d'ovocytes

prévitellogéniques et vitellogéniques. Pour chaque femelle mature, le suivi de la variation du nombre total d'ovocytes prévitellogéniques et vitellogéniques en fonction de la longueur totale est réalisé.

La fécondité a été calculée après examen de 86 femelles matures, de taille variante entre 22,5 et 55cm.

La fécondité absolue de la carpe commune dépend de sa taille, de sa masse, et de la masse des gonades :

Relation fécondité absolue- longueur totale :

La relation existante entre la fécondité absolue et la longueur totale (Fig. 5) est caractérisée par une bonne corrélation ($R^2 = 0,956$), cette relation montre que la fécondité croit proportionnellement avec le cube de la longueur totale.

Relation fécondité absolue- poids total :

L'analyse de la figure ci-dessous, montre que la relation entre la fécondité absolue et le poids total est également de type puissance $F = 136,67Wt^{0,9558}$, le coefficient de corrélation ($R^2 = 0,9638$) renseigne sur une bonne corrélation entre ces deux paramètres. La fécondité croit parallèlement avec le poids individuel (Fig. 6).

Relation fécondité absolue- poids des gonades :

La relation entre les deux paramètres fécondité absolue- poids des gonades est de type puissance $F = 5433,5Wg^{0,6323}$ avec une corrélation satisfaisante ($R = 0,9068$), nous observons une proportionnalité de la fécondité et le poids des gonades (Fig. 7).

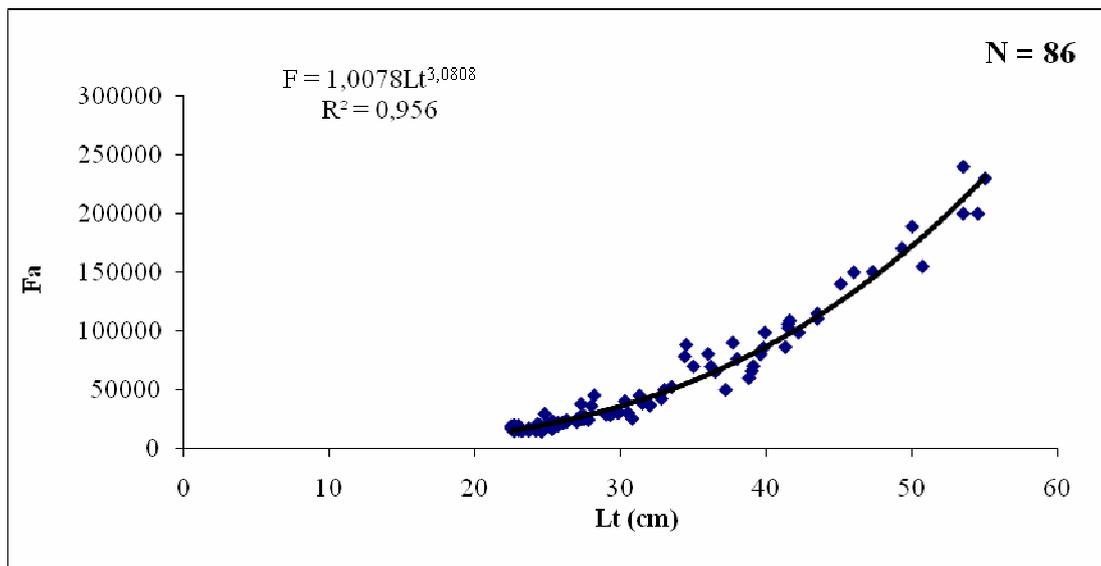


Figure 5 : Relation entre la fécondité absolue et la longueur totale de la carpe commune dans la retenue du barrage Sidi Saâd

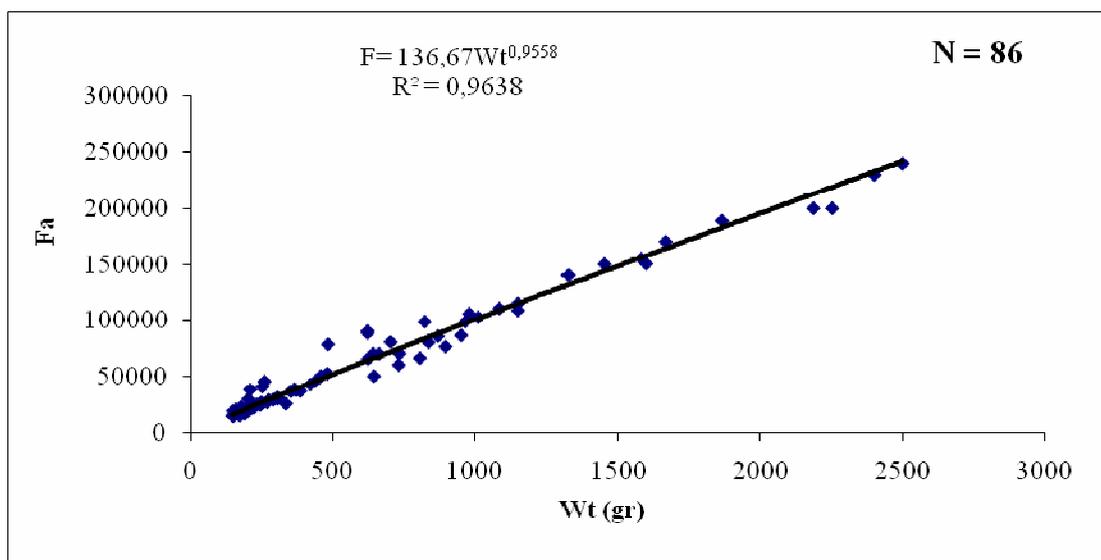


Figure 4 : Relation entre la fécondité absolue et le poids total de la carpe commune dans la retenue du barrage Sidi Saâd

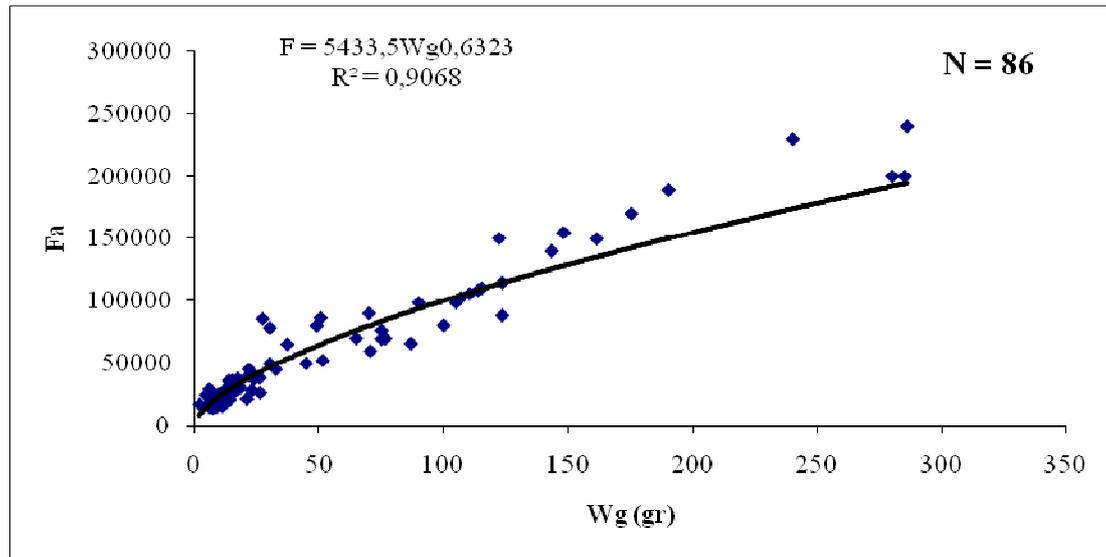


Figure 7 : Relation entre la fécondité absolue et la masse des gonades de la carpe commune dans la retenue du barrage Sidi Saâd

DISCUSSION

Notre travail est le premier à s'intéresser à la reproduction de la carpe en Tunisie malgré l'abondance des recherches sur cette espèce à l'échelle internationale (Swee et Mc Crimmon, 1966 ; Tempero et al., 1977 ; Crivelli, 1981 ; Fernandez-Delgado, 1990 ; Losse et al., 1991 ; Balon, 1995 ; Vilizzi, 1998 ; Brusle et Quignard, 2001 ; Sivakumaran et al., 2003 ; Smith et Walker, 2004 ; Brown et al., 2005 ; Kartas, 2005 ; Britton et al., 2007 ; Mert, 2008 ; Ougi, 2011 ; Winker et al., 2011 ; Hailu, 2013).

L'étude microscopique a permis de vérifier et de confirmer les résultats obtenus suite à l'étude des aspects macroscopiques de la reproduction de la carpe dans la retenue du barrage de Sidi Saâd. Le cycle reproducteur de *Cyprinus carpio communis* s'étale de mars à juillet avec un mode de ponte sériée. L'étude de l'évolution des stades macroscopiques de maturité, du RGS et l'analyse des coupes histologiques des ovaires a montré que la ponte de la carpe du barrage Sidi Saâd se fait par lots successifs. Nos résultats corroborent avec ceux de Smith et Walker (2004). Chaque femelle peut pondre plus qu'une fois et peut libérer jusqu'à trois lots distincts d'œufs.

En se basant sur différentes données (coupes histologiques, distributions des diamètres ovocytaires...), nous avons constaté qu'au cours de la période de ponte, les différents ovocytes vitellogéniques et les follicules post-ovulatoires sont présents simultanément dans les ovaires. Le recrutement des ovocytes au stade III est continu dès

le début jusqu'à la fin de la période de ponte. La carpe est donc une espèce à pontes sériées.

La ponte chez cette espèce s'effectue par des émissions successives comme le confirme Sivakumaran et al. (2003) ; Smith et Walker (2004) ; Brown et al. (2005), (Vilizzi, 1998). Alikunhi (1966) montre que la femelle de la carpe commune des eaux tropicales fraîches libère chaque année quatre à cinq lots d'œufs distincts. Quand les conditions climatiques sont optimales, la carpe commune pond à plusieurs reprises (Horvath, 1978, 1985 ; Crivelli, 1981). Selon Gupta (1975) et Horvath (1985), la période de reproduction chez la carpe est indéterminée avec plusieurs émissions de gamètes.

Au Brésil (Welykchatko, 1976) et au Bangladesh (Tweb et al., 1989), les pontes de la carpe sont multiples. Selon Ghelichi (2010), la carpe a une ponte continue dans la mer caspienne. Dans des cas extrêmes, la fraie peut même se produire tout au long de l'année, comme l'a souligné Oyugi (2011) pour la population de carpe dans le lac Naivasha au Kenya.

La détermination de la fécondité et de la saison de ponte sont indispensables pour la compréhension de la dynamique des populations d'espèces de poissons (Sivakumaran et al., 2003). La fécondité absolue des femelles de la carpe dans la retenue du barrage Sidi Saâd, varie de 19000 à 240000 ovocytes avec une moyenne de 59261. Ces résultats sont plus faibles que ceux trouvés par Sivakumaran (2003) au niveau du lac Victoria en Australie dont le nombre d'ovocytes varie entre 120000 et 1540000. Hailu (2013) a estimé le nombre d'ovocytes émis à 170937 en Amerti (Ethiopia). De même, Crivelli (1981) a montré que le nombre d'ovocytes était à 215097 pour les carpes françaises.

Toutefois, la fécondité relative moyenne de 102058 ovocytes par kg de poisson révèle une fécondité relativement élevée chez la carpe dans la retenue du barrage Sidi Saâd. Elle est supérieure à 97 200 ovocytes/kg en Nouvelle Zeilande (Tempero et al., 2006) et inférieure à 163 000 ovocytes/kg au Victoria (Sivakumaran et al., 2003). D'après Bruslé et Quignard (2001), la femelle est considérée comme très productive quand le nombre d'ovocytes par kg de poids frais varie entre 80000 à 150000.

La variabilité de la fécondité absolue de chaque poisson peut être due à des différences dans l'approvisionnement alimentaire, la température et d'autres effets environnementaux (Bagenal, 1978).

CONCLUSION

L'étude microscopique de la reproduction des femelles de carpe commune dans la retenue du barrage Sidi Saâd confirme bien les résultats trouvés lors de l'étude macroscopique. Le cycle reproducteur de la carpe s'étale de mars à juillet avec une ponte sériée avec une variabilité interindividuelle importante. L'étude de la fécondité a montré que la carpe commune *C. carpio communis* de la retenue de barrage Sidi Saâd pond environ 102058 ovocytes par kg de poids corporel. L'analyse de la variation de la fécondité absolue en fonction des différents paramètres : Lt, Wt, Wg a montré une corrélation significative pour ces trois paramètres.

BIBLIOGRAPHIE

- Alikunhi K.H., 1966. - Synopsis of biological data on common carp *Cyprinus carpio* L. In: FAO World Symposium on Warm-Water Pond Fish Culture, FAO Fisheries Synopsis.FAO, Rome, 73p.
- Balon E.K., 1995. - The common carp, *Cyprinus carpio*: its wild origin, domestication in aquaculture, and selection as coloured nishikigoi. *Guelph Ichthyology Reviews*. 3: 1-55.
- Brown P., Sivakumaran K.P., Stoessel D et Giles A., 2005.- Population biology of carp (*Cyprinus carpio* L.) in the mid-Murray River and Barmah Forest Wetlands, Australia. *Mar. Freshwater. Res.* 56(8): 1151-1164.
- Bagenal T.B. et Tesch F.W.,1978.- Age and growth. In: T.B. Bagenal, (ed)Methods for assessment of fish production in freshwaters, 3rd edition. Blackwell Scientific Publication, Oxford, UK, 101-136.
- Britton J.R., Boar R.R., Grey J., Foster J., Lugonzo J.et Harper D., 2007.- From introduction to fishery dominance: the initial impacts of the invasive carp *Cyprinus carpio* in Lake Naivasha, Kenya, 1999 to 2006. *J. Fish Biol*, 71 : 239-257.
- Bruslé J. et Quignard J.P., 2001.- Biologie des poissons d'eau douce européens.Collection aquaculture – pisciculture, 625p.
- Crivelli A.J., 1981.- The biology of the common carp, *Cyprinus carpio* L., in the Camargue, southern France. *J. Fish Biol*, 18: 271-290.
- Fernandez-Delgado C., 1990.- Life history patterns of the common carp, *Cyprinus carpio*, in the estuary of the Guadalquivir river in south-west Spain. *Hydrobiologia*, 206:19-28.
- Gaamour A.,1999.- La sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) dans les eaux tunisiennes : Reproduction, Croissance et pêche dans la région de Cap Bon. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne occidentale, 246 p.
- Ghelichi A., Akrami R., Bandani G.H. et Jorjani S., 2010.- Reproduction biology of female common carp (*Cyprinus carpio*) in southeast of the Caspian Sea (Miankale Fishing Station). *I.J. N. R.R*, 63 (3): 197-208
- Gupta S., 1975.- The development of carp gonads in warm water aquaria. *J. Fish Biol.* 7: 775-782.
- Hajlaoui W., 2016.- Etude écobiologique et dynamique des populations de la carpe commune *Cyprinus carpio communis* et le mulot *Liza ramada* dans la retenue du barrage Sidi Saâd (Centre de la Tunisie). *Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique de Tunisie*, 213p.
- Hailu M., 2013.- Reproductive aspects of common carp (*Cyprinus carpio* L, 1758) in a tropical reservoir (Amerti: Ethiopia). *J. Ecol. Nat. Environ*, 5(9) : 260-264.
- HorvathL., 1978.- Experiences in the propagation of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) out of the spawning season.*AquaculturaHungarica*,1: 66-72.
- Horvath L., 1985.- Egg development (oogenesis) in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). In *Recent Advances in Aquaculture* (Muir J.F. and Roberts R.J., ed), 31-77.
- Karatas M. et Sezer M., 2005.- Reproduction characteristics of population of carp (*Cyprinus carpio*) inhabiting in Almus Dame Lake, Turkey. *J. Biol. Sci*,5(9) : 119-123.
- Kraïem M.M., 1994.- Systématique, biogéographie et bioécologie de *Barbus callensis*, Valenciennes, 1842 (Poissons, Cyprinidae) de Tunisie. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tunis II, 227 p.
- Le Duff M., 1997.- Cinétique de l'ovogenèse et stratégies de ponte chez les poissons Téléostéens en milieu tempéré. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale. France, 170 p.

- Loss G.F., Nau W., Winter M., 1991.- Le développement de la pêche en eau douce dans le nord de la Tunisie. Etude effectuée dans le cadre de la coopération technique Tuniso-allemande. GTZ GmbH: Tunisie.
- Martoja R. et Martoja M., 1967.- Initiation aux techniques de l'histologie animale. Masson ed., Paris, 345 p.
- Mert R., Bulut S. et Solak K., 2008.- Some Biological Characteristics of *Cyprinus Carpio* (L., 1758) Inhabiting Apa Dam Lake (Konya-Turkey). Mert, *Bulutve Solak/ AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*. 2:47-60.
- Ougi D.O., 2011.- Life history traits of an equatorial common carp *Cyprinus carpio* population in relation to thermal influences on invasive populations. *Fisheries Research*, 110 : 92-97.
- Rhouma A., 1975.- Etude biologique et élevage du mullet en Tunisie. Comparaison avec une espèce d'eau douce (la carpe). Mémoire de fin d'études 3^{ème} cycle de l'Institut Nationale Agronomique de Tunisie. Tunis, 131 p.
- Sivakumaran K. P., Brown, P., Stoessel, D. et Gilles, A., 2003.- Maturation and reproductive biology of wild carp, *Cyprinus carpio*, in Victoria, Australia. *Environ Biol Fish*, 68: 321- 332.
- Smith B.B. et Walker K.F., 2004., Spawning dynamics of common carp in the River Murray, South Australia, shown by macroscopic and histological staging of gonads. *J. Fish Biol*, 64 : 336-354.
- Swee U.B. et Mc Crimmon H.R., 1966.- Reproductive biology of the Carp, *Cyprinus carpio* L., in Lake St. Lawrence, Ontario. *T. AM. FISH. SOC*, 95: 372-380.
- Tempero G.W., Ling N., Hicks B.J. et Osborne M.W., 2006.- Age composition, growth, and reproduction of koi carp (*Cyprinus carpio*) in the lower Waikato region, New Zealand. *New Zeal. J. Mar. Fresh*, 40: 571-583.
- Toujani R., 1998.- Le sandre (*Stizostedion lucioperca* L.) de la retenue de sidi Salem (Tunisie) : Biologie et dynamique de population. Thèse de l'Université Claude Bernard -Lyon I, 176 p.
- Tweb A., Mustafa G. et Farida H., 1989.- Study on breeding and early stages in the development of the common carp, *Cyprinus, carpio* (L.). *Banglad. J. Agriculture*, 14: 151-158.
- Vilizzi L., 1998.- Age, growth and cohort composition of 0+ carp in the River Murray, Australia, *J. Fish. Biol.* 52: 997-1013.
- Welykchatko T.D., 1976.- Biology of the Carp in Brazil. *Ann. Zool. Agra*, 12: 53-65.
- Winker H., Weyl O.L.F., Booth A.J. et Ellender B.R., 2011.- Life history and population dynamics of invasive common carp, *Cyprinus carpio*, within a large turbid African impoundment. *Mar. Freshwater Res*, 62 (11): 1270-1280.