

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB - BLIDA 1-



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
FILIERE SCIENCES BIOLOGIQUES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE DES POPULATIONS ET
ORGANISMES

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme De
Master

Option : Reproduction Animale

THEME

*Contribution à la maîtrise des techniques de reproduction de
deux espèces de carpes chinoises, Hypophthalmichthys
molitrix et Hypophthalmichthys nobilis*

Présenté et soutenu le 27 Octobre 2015 par :

MELLE Boudjemai Louiza
MELLE Daoud Meriem

Devant le jury :

Dr. BESSAAD M.A
Dr. LARBI-DOUKARA K.
Mme KESKAS
Mme MERBAH

MCB / BPO (UBD 1)
MCB / BPO (UBD 1)
MAB / BPC (UBD 1)
Directrice d'entreprise

Président
Examineur
Promotrice
Co-promotrice

- *Promotion 2015* -

REMERCIEMENTS

A Monsieur SABOUNDJI, directeur de l'écloserie Zaïri d'El Ouricia,

Nous tenons à vous remercier pour avoir accepté de nous prendre en charge pour réaliser notre stage pratique.

Nous vous prions de trouver notre gratitude dans ce modeste travail.

A Madame KESKAS, Maître-assistante à l'Université Saad Dahlab,

Nous vous remercions pour votre encadrement.

Nous sommes très reconnaissantes pour toutes les connaissances que vous nous avez transmises durant notre cursus.

A Madame MERBAH, directrice d'entreprise,

Nous sommes très reconnaissantes pour les connaissances que vous nous avez transmises et pour votre disponibilité.

Nous vous prions de trouver ici l'expression de nos sincères remerciements.

A Madame SABOUNDJI, aux ingénieurs et techniciens Nassim, Hassan, Redouane, Toufik, Khaled, Mahmoud,

Nous sommes très reconnaissantes pour votre accueil, votre disponibilité et pour les connaissances que vous nous avez transmises lors de notre stage.

Nous vous prions de trouver ici l'expression de nos sincères remerciements.

A l'ensemble des enseignants du département de Biologie et Population des Organismes de Saad Dahlab qui nous ont suivi tout au long du cursus universitaire.

A l'honorable jury,

Nous vous remercions d'avoir bien voulu participer à l'évaluation de ce travail.

Qu'il nous soit permis d'exprimer ici notre profonde reconnaissance.

A tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la concrétisation de ce mémoire.

DEDICACE

Afin d'être reconnaissante envers ceux qui m'ont appuyé et encouragé, je dédie ce modeste travail à...

Mes très chers parents pour leur soutien moral, et pour tous les sentiments d'affection et d'amour. Vous avez toujours été présents pour les bons conseils et pour mener à bien mes études.

A mes chères sœurs pour qui ma réussite leur tient à cœur.

A mon frère, ma belle-sœur, mes beaux-frères tout particulièrement Doudou, mes neveux et mes nièces.

A tous mes amis et particulièrement El-Hadi pour sa précieuse aide, Liza, Farah, Akram, Wail Oussama, Sihem, Sissi, Imene, Ilham...

A mon binôme et amie Meriem.

A tous mes camarades de la promotion 2015.

Louiza

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui ont toujours été présents à mes côtés et m'ont soutenu sans relâche. Merci pour votre amour et votre confiance en moi.

A mon frère et mes soeurs qui ont fait preuve de patience à mon égard en particulier Kenza.

A tous mes amis pour leur précieuse aide et leur soutien en particulier El Hadi, Ikram, Wail, Akram, Rym, Oussama et sans oublier bien sur mon amie et mon binôme Louiza.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Meriem

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Généralités | |
| 1. Présentation des espèces | 3 |
| 1.1. <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> | 3 |
| 1.1.1. Position systématique | 3 |
| 1.1.2. Caractéristiques morphologiques | 3 |
| 1.1.3. Distribution géographique | 5 |
| 1.1.4. Habitat et biologie | 5 |
| 1.1.5. Régime alimentaire | 6 |
| 1.2. <i>Hypophthalmichthys nobilis</i> | 7 |
| 1.2.1. Position systématique | 7 |
| 1.2.2. Caractéristiques morphologiques | 7 |
| 1.2.3. Distribution géographique | 8 |
| 1.2.4. Habitat et biologie | 9 |
| 1.2.5. Régime alimentaire | 9 |
| 2. Hybrides de <i>Hypophthalmichthys</i> spp. | 12 |
| 3. Physiologie générale chez les poissons | 12 |
| 3.1. Respiration | 12 |
| 3.2. Nutrition | 13 |
| 3.3. Reproduction | 13 |
| 3.3.1. Contrôle environnemental des cycles de reproduction | 13 |
| 3.3.2. Contrôle neuro-endocrinien des cycles de reproduction | 14 |
| 3.3.2.1. Axe hypothalamo-hypophysaire | 14 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2.2. Stéroïdes sexuels | 14 |
| 3.3.3. Gamétogenèse | 15 |
| 3.3.3.1. Ovogenèse | 15 |
| 3.3.3.2. Spermatogenèse | 18 |
| 3.3.3.3. Estimation de la qualité des gamètes | 19 |
| 3.3.4. Embryogenèse | 20 |
| 3.3.4.1. Développement embryonnaire | 20 |
| 3.3.4.2. Estimation de la qualité des œufs fécondés | 21 |
| 4. Reproduction artificielle chez les poissons | 21 |
| | |
| Chapitre II : Matériel et Méthodes | |
| | |
| 1. Matériel | 23 |
| 1.1. Ecloserie Zaïri | 23 |
| 1.2. Matériel biologique | 26 |
| 2. Méthodes | 27 |
| 2.1. Induction de la ponte | 27 |
| 2.1.1. Préparation des géniteurs | 27 |
| 2.1.1.1. Anesthésie | 27 |
| 2.1.1.2. Pesée | 27 |
| 2.1.2. Traitement hormonal | 28 |
| 2.1.3. Stripping | 30 |
| 2.1.3.1. Récolte des gamètes femelles | 30 |
| 2.1.3.2. Récolte de la laitance | 30 |
| 2.1.3.3. Fécondation artificielle | 31 |
| 2.1.4. Incubation | 32 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2. Etude de la fécondité | 32 |
| 2.3. Estimation du taux de fécondation | 33 |
| 2.4. Systématique | 35 |
| 2.5. Analyse statistique | 36 |
| | |
| Chapitre III : Résultats et Discussion | |
| | |
| 1. Résultats | 38 |
| | |
| 1.1. Caractéristiques morphométriques des géniteurs femelles | 38 |
| 1.2. Systématique des géniteurs | 39 |
| 1.3. Réponse des femelles au traitement hormonal | 40 |
| 1.4. Rapport poids des œufs – poids des femelles | 41 |
| 1.5. Etude de la fécondité relative | 42 |
| 1.6. Relation entre poids corporel et fécondité relative | 43 |
| 1.7. Relation entre longueur totale et fécondité relative | 44 |
| 1.8. Estimation de la qualité des pontes | 45 |
| 1.9. Développement embryonnaire | 46 |
| | |
| 2. Discussion | 50 |
| | |
| Conclusion | 54 |
| | |
| Références bibliographiques | 55 |
| | |
| Annexe | |

Glossaire

Hypophysation : dans le contexte de l'aquaculture, une hypophysation est une injection d'un extrait aqueux d'hypophyses effectuée dans le corps d'un poisson (souvent issu d'un prélèvement fait sur des Cyprinidés ou des Salmonidés) afin de provoquer l'ovulation ou la spermiation.

Longueur totale : distance mesurée à partir de l'extrémité antérieure du museau (lèvre supérieure) jusqu'à la pointe postérieure du plus long rayon de la nageoire caudale.

Longueur standard : distance mesurée à partir de l'extrémité antérieure du museau (ou lèvre supérieure) jusqu'à la pointe du pédoncule caudal (la base caudale).

Longueur à la fourche : distance mesurée à partir de l'extrémité antérieure du museau (ou lèvre supérieure) jusqu'à la pointe du rayon médian de la nageoire caudale.

Stripping : libération par pression abdominale de laitance ou d'ovules d'un poisson sexuellement mature.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : <i>Appareil de filtration branchiale de la carpe argentée</i> | 4 |
| Figure 2 : <i>Carpe argentée (Hypophthalmichthys molitrix)</i> | 4 |
| Figure 3 : <i>Origine de la carpe argentée, Hypophthalmichthys molitrix, représentée en rouge</i> | 5 |
| Figure 4 : <i>Carpe à grande bouche (Hypophthalmichthys nobilis)</i> | 8 |
| Figure 5 : <i>Origine de la carpe à grande bouche, Hypophthalmichthys nobilis, représentée en rouge</i> | 8 |
| Figure 6 : <i>Appareil de filtration branchiale de la carpe à grande bouche</i> | 10 |
| Figure 7 : <i>Description schématique des étapes du développement ovocytaire et de la maturation finale des ovocytes</i> | 16 |
| Figure 8 : <i>Les cellules de l'oeuf fécondé commencent à se diviser : stade 2, 4 et 8 cellules</i> | 20 |
| Figure 9 : <i>Stade blastula précoce (environ 2, 3 après fécondation) : les cellules se rassemblent au sommet du sac vitellin</i> | 20 |
| Figure 10 : (A) : <i>stade gastrula. (B) : embryon de 24 heures. (C) : embryons de 2 jours</i> | 21 |
| Figure 11 : <i>Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est Algérien</i> | 24 |
| Figure 12 : <i>Vue aérienne de la retenue collinaire et de l'écloserie Zaïri</i> | 25 |
| Figure 13 : <i>Anesthésie des géniteurs</i> | 27 |
| Figure 14 : <i>Administration d'hormone pour les géniteurs</i> | 28 |
| Figure 15 : <i>Récolte des ovules</i> | 30 |
| Figure 16 : <i>Récolte de la laitance</i> | 31 |
| Figure 17 : <i>Fécondation à sec et rinçage</i> | 31 |
| Figure 18 : <i>Comptage des oeufs</i> | 33 |
| Figure 19 : <i>Echantillonnage et observation d'oeufs fécondés sous loupe binoculaire</i> | 34 |
| Figure 20 : <i>Différentes phases du développement embryonnaire</i> | 34 |
| Figure 21 : <i>Branchies de la carpe argentée</i> | 35 |
| Figure 22 : <i>Branchies de la carpe à grande bouche</i> | 35 |
| Figure 23 : <i>Nageoires non croisées</i> | 36 |
| Figure 24 : <i>Nageoires croisées</i> | 36 |

| | |
|--|----|
| Figure 25 : <i>Interprétation de r</i> | 37 |
| Figure 26 : <i>Systématique des géniteurs</i> | 40 |
| Figure 27 : <i>Représentation des corrélations entre poids des oeufs – poids corporel</i> | 42 |
| Figure 28 : <i>Représentation des corrélations entre poids corporel – fécondité relative</i> | 44 |
| Figure 29 : <i>Représentation des corrélations entre taille totale – fécondité relative</i> | 45 |
| Figure 30 : <i>Suivi du développement embryonnaire des oeufs de la carpe argentée</i> | 47 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I : <i>Caractéristiques de la reproduction des carpes argentées et à grande bouche</i> | 11 |
| Tableau II : <i>Les caractéristiques microscopiques de l'ovaire pour la détermination des stades de maturité</i> | 18 |
| Tableau III : <i>Dosage hormonal chez les femelles</i> | 29 |
| Tableau IV : <i>Dosage hormonal chez les mâles</i> | 29 |
| Tableau V : <i>Caractéristiques morphologiques distinctifs</i> | 35 |
| Tableau VI : <i>Résultats de la morphométrie des femelles</i> | 38 |
| Tableau VII : <i>Systématique des femelles</i> | 39 |
| Tableau VIII : <i>Réponse des femelles au traitement hormonal</i> | 40 |
| Tableau IX : <i>Poids des œufs et poids corporel</i> | 41 |
| Tableau X : <i>Résultats de l'étude des différentes fécondités relatives</i> | 43 |
| Tableau XI : <i>Résultats des taux de fécondation</i> | 46 |
| Tableau XII : <i>Comparaison des résultats</i> | 51 |

Contribution à la maîtrise des techniques de reproduction de deux espèces de carpes chinoises, *Hypophthalmichthys molitrix* et *Hypophthalmichthys nobilis*.

Résumé

La reproduction par injections d'extraits d'hypophyse de poissons contenant des hormones sexuelles gonadotropes peut être provoquée chez des poissons femelles en captivité. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude portant sur la maîtrise des techniques de reproduction de deux espèces de carpes chinoises, *Hypophthalmichthys molitrix* et *Hypophthalmichthys nobilis*. Ces espèces sont destinées au repeuplement des plans d'eau et au développement de la pêche continentale.

Des opérations d'induction de ponte ont été réalisées au niveau de l'écloserie de Zaïri, entre le 13 et 16 Août 2015, sur des géniteurs adultes pêchés au niveau du barrage d'Ain Abassa. Le protocole expérimental a consisté en un traitement hormonal des géniteurs suivi d'un stripping et d'une fécondation artificielle des gamètes, puis d'une incubation des œufs. Une administration d'extraits d'hypophyse de carpe et d'Ovopel a été donc faite respectivement chez 10 femelles et 10 mâles.

L'hypophysation des 10 femelles a permis de récolter 4 002 g d'œufs. Un taux de 70% de ponte a été observé et la fécondité relative moyenne des femelles ayant pondu a été estimée entre $7,97 \pm 0,19$ et $69,94 \pm 3,75$ œufs / g de poids corporel. Le mélange de la laitance et des ovules a donné un taux de fécondation variant entre 0 et $56,82 \pm 22,90\%$.

Il a été conclu qu'un bon rendement des opérations de reproduction artificielle nécessite de bonnes conditions, à savoir une surveillance des facteurs environnementaux ; une manipulation des géniteurs dans le calme pour éviter tout stress ; ainsi qu'une maîtrise totale des techniques de reproduction artificielle par utilisation d'extraits hypophysaires.

Mots-clés : carpes chinoises, induction de ponte, géniteurs adultes, stripping, hypophysation, reproduction artificielle.

Contribution to the control of reproductive technologies of two species of Chinese carp, *Hypophthalmichthys molitrix* and *Hypophthalmichthys nobilis*

Abstract

Artificial propagation done by injecting hypophysis of common carp that contains gonadotropins can be realised for females in captivity. It is in this context that this study help in the control of reproductive technologies of the two Chinese carps, *Hypophthalmichthys molitrix* and *Hypophthalmichthys nobilis*. These species are destined for restocking of water bodies and to the development of fisheries on fresh water.

Induction of spawning operations were carried out at the hatchery Zaïri, between 13 and 16 August 2015, on adult broodstock caught at the dam of Ain Abassa. The experimental protocol consists on broodstock's hormonal injections followed by eggs stripping and an artificial propagation, than eggs incubation. An administration of pituitary extracts of carp and Ovopel was therefore made respectively in 10 females and 10 males.

The hypophysation of 10 females has given 4002 g eggs. A 70% rate of spawning was observed and the average relative fertility of females that spawned was estimated between 7.97 ± 0.19 and 69.94 ± 3.75 eggs / g body weight. The mixture of milt and eggs gave a fertilization rate between 0 and $56.82 \pm 22.90\%$.

It was concluded that a good performance for the artificial breeding operations requires good conditions, monitoring of environmental factors, a careful handling of broodstock to avoid stress and a total control of artificial propagation techniques using pituitary extracts.

Key word: Chinese carp, induction of spawning, adult broodstock, stripping, artificial propagation, hypophysation.

المساهمة في السيطرة على التقنيات الإنجابية لاثنين من أنواع سمك الشبوط الصينية *Hypophthalmichthys molitrix* و *Hypophthalmichthys nobilis*

التكاثر عن طريق حقن مستخلصات الغدة النخامية التي تحتوي على الهرمونات الجنسية يمكن تحقيقه عند إناث الأسماك في الأسر

وفي هذا السياق تدرج هذه الدراسة في إطار السيطرة على تقنيات الاستنساخ لاثنين من أنواع سمك الشبوط الصينية

Hypophthalmichthys molitrix و *Hypophthalmichthys nobilis*

هذه الأنواع المعدّة لإعادة تعمير المخططات المائية وتطوير الصيد في المياه الداخلية أجريت عمليات تحريض التبييض على مستوى مفرخة زايري في الفترة الممتدة ما بين 13 و 16 أوت 2015 على الأسماك البالغة المخصصة لهذا الغرض والتي تم التقاطها من سد عين عباسة البروتوكول التجريبي المتألف من مرحلة للعلاج بالهرمونات للأسماك متبوع باستخلاص للبويضات والتلقيح الاصطناعي للأمشاج وتحضين البيوض.

تم حقن خلاصات الغدة النخامية لسمك الشبوط وهرمون "أوفوبال" في 10 إناث و 10 ذكور هذا ما سمح لنا بجمع كمية 4002 غرام من البيوض الملقحة

تم تسجيل معدل 70% فيما يخص التبييض ومتوسط الخصوبة النسبية للإناث البيوضة الذي قدر ب $7,79 \pm 0,19$ و $69,74 \pm 3,75$ بيضة/غرام من الوزن

إضافة البويضات الى السائل المنوي قد أسفرت عن معدلات تخصيب مقدرة ما بين 0 و $56,82 \pm 22,90$

كنتيجة يمكن القول إن المردود الجيد لعمليات التكاثر الاصطناعي يتطلب ظروف جيدة كرصود وتوقع العوامل البيئية؛ التعامل مع الأمهات في هدوء لتجنب الإجهاد والإزعاج. والسيطرة الكاملة على تقنيات التكاثر الاصطناعي باستخدام مستخلصات الغدة النخامية

كلمات البحث: سمك الشبوط الصيني - تحريض التبييض-استخلاص للبويضات -البياضة الناضجة -التكاثر الاصطناعي -

INTRODUCTION

Introduction

À l'horizon 2050, la terre hébergera 9 milliards d'individus. Cette évaluation pose de multiples questions vu l'état de la planète, ses ressources et ses capacités à nourrir les 6,6 milliards d'hommes qui la peuplent aujourd'hui (FAO, 2015a).

Afin d'assurer une sécurité alimentaire à long terme, divers modes de production se sont alors développés dont l'aquaculture.

L'aquaculture est la culture d'organismes aquatiques. Elle englobe celle des poissons (pisciculture), des mollusques (conchyliculture), des crustacés et des plantes aquatiques (algoculture) (UICN, 2007). Elle est devenue une activité économique importante ces trois dernières décennies, et semble être le secteur qui connaît la plus forte croissance dans le domaine de la production alimentaire. En effet, la production aquacole mondiale a augmenté de façon exponentielle passant de 60 millions de tonnes en 2010 à 97,2 millions de tonnes en 2013 avec une production de 99,1% de poissons d'eau douce (FAO, 2015b). Ce mode de production a un potentiel pour devenir « la biotechnologie bleue » de l'avenir (Lésel, 2015).

L'introduction d'espèces de poissons exogènes dans les eaux douces est courante de par le monde. Les causes des introductions de ces espèces sont multiples : la pêche commerciale, la pêche de loisir, l'aquariophile, la gestion des milieux humides mais aussi l'aquaculture. En effet, le développement de l'aquaculture a fortement reposé sur le transport de matériel vivant de son environnement naturel vers d'autres continents (Teletchea & Le Doré, 2011).

Les espèces de poissons qui ont été introduites avec succès à l'échelle internationale sont les tilapias d'Afrique (notamment le tilapia du Nil), le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*), les poissons-chats (*Pangasius* spp.), la perche truite (*Micropterus salmoides*), le turbot (*Scophthalmus maximus*), le pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), le pacu (*Piaractus mesopotamicus*), la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et les carpes chinoises (la carpe argentée, la carpe à grosse tête et la carpe herbivore) (FAO, 2012). L'élevage de ces dernières (71.9% soit 24.2 millions de tonnes en 2010) enregistre une nette progression puisqu'elles sont, dans une large mesure, des filtres situés au bas de la chaîne alimentaire, leur production ne nécessite pas d'aliments contenant de la farine et de l'huile de poisson (FAO, 2012). Elles semblent également avoir un effet positif sur la qualité de l'eau en éliminant continuellement les algues nuisibles (Teletchea & Le Doré, 2011).

Certains auteurs dont Lloze (1967), Marte (1989), Naeem et al., (2005) ont étudié la ponte artificielle de ces carpes respectivement au Cambodge, Sud-Est d'Asie et Pakistan.

Le principal objectif de ce travail est de mener une étude sur la technique de reproduction artificielle en bassins des carpes dites chinoises en Algérie, et d'évaluer ainsi son succès.

Cette étude comprend trois étapes :

1. Mener une synthèse bibliographique sur deux espèces de carpes chinoises :
 - Carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*),
 - Carpe à grosse tête (*Hypophthalmichthys nobilis*).
2. Suivre le protocole d'induction de la ponte par voie hormonale sur des géniteurs présents dans les plans d'eau.
3. Présenter et interpréter les différents résultats afin de conclure sur l'efficacité de la technique utilisée.

CHAPITRE I :
GENERALITES

Chapitre I : Généralités

1. Présentation des espèces

1.1. *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)

1.1.1. Position systématique

Hypophthalmichthys molitrix est une espèce de poisson de la grande famille des Cyprinidés. Sa position systématique est la suivante (UniProt, 2002-2015) :

| | |
|----------------------|------------------------------------|
| Règne : | Animalia |
| Embranchement : | Chordata |
| Sous-embranchement : | Vertebrata |
| Classe : | Actinopterygii |
| Sous-classe : | Neopterygii |
| Infra-classe : | Teleostei |
| Ordre : | Cypriniformes |
| Famille : | Cyprinidae |
| Genre : | <i>Hypophthalmichthys</i> |
| Espèce : | <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> |

1.1.2. Caractéristiques morphologiques

Hypophthalmichthys molitrix, appelé carpe argentée, est un poisson d'eau douce au dos gris-vert sombre et dont la face ventrale est gris-argentée. Elle pèse en moyenne 6 kg mais peut atteindre 40 à 50 kg. Sa taille est comprise entre 40 et 60 cm et peut aller jusqu'à 1 m (Bruslé & Quignard, 2001).

Sa tête est dépourvue d'écailles, large et munie d'une fente buccale verticale. Ses yeux se situent au-dessous de la ligne médiane du corps. Le corps est massif, allongé et comprimé latéralement, et recouvert de petites écailles (Bruslé & Quignard, 2001 ; Teletchea & Le Doré, 2011).

La carpe argentée est pourvue d'un appareil de filtration branchiale ce qui lui permet la capture des proies phyto et zoo planctoniques de tailles inférieure à 20 µm (Bruslé & Quignard, 2001) (Figure 1).



Figure 1 : Appareil de filtration branchiale de la carpe argentée (les branchies bien vascularisés sont fines, fusionnées et ont un effet spongieux) (Kolar et al., 2005)

Les nageoires pectorales sont longues et se situent très bas sur le corps. Les nageoires pelviennes sont implantées en position abdominale. La nageoire dorsale est haute et très courte, alors que la nageoire anale est longue avec un bord libre concave. Le pédoncule caudal est étroit et porte une large nageoire caudale fourchue (Teletchea & Le Doré, 2011) (figure 2) .



Figure 2 : Carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*)

1.1.3. Distribution géographique

Hypophthalmichthys molitrix provient des grands fleuves d'Asie Centrale plus précisément du Viet Nam et de la Chine allant jusqu'au fleuve Amour, fleuve se situant à la frontière Sibéro-chinoise (**Bruslé & Quignard, 2001**) (Figure 3).

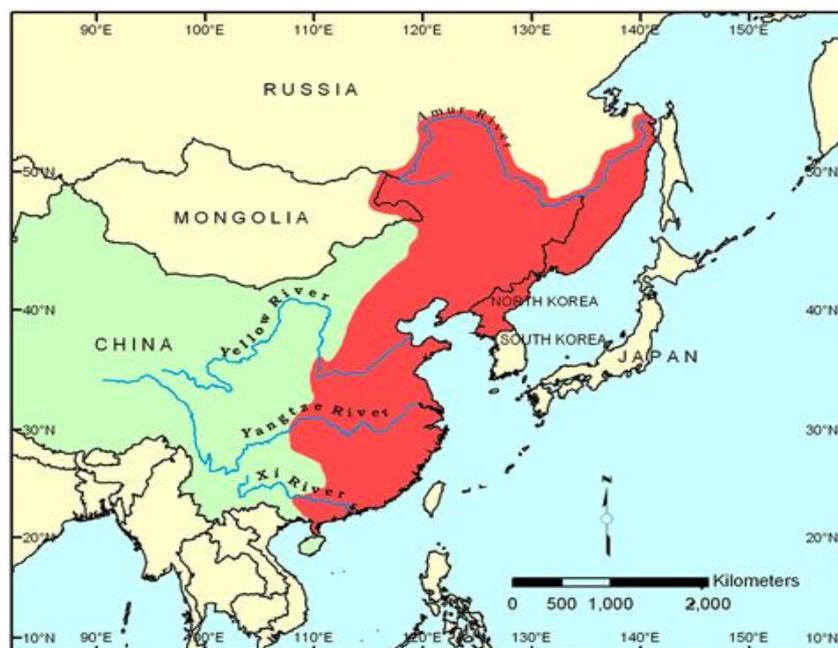


Figure 3 : Origine de la carpe argentée, *Hypophthalmichthys molitrix*, représentée en rouge (**Kolar et al., 2005**)

Selon **Teletchea & Le Doré (2011)**, certaines populations de carpe argentée sont présentes au nord du Viet Nam, cependant, ce ne serait pas leur milieu naturel. Elles auraient été introduites.

En ce qui concerne la présence de cette carpe en Algérie, elle y a été introduite afin de procéder à un repeuplement des plans d'eau (**Meddour et al., 2005**).

1.1.4. Habitat et biologie

Espèce thermophile, la carpe argentée préfère les eaux calmes et tièdes. Elle est active à une température de 12 °C à 30 °C. Elle atteint son maximum de croissance entre 20 °C et 28 °C (**Bruslé & Quignard, 2001**).

Elle est peu exigeante en oxygène dissout et supporte ainsi une bonne résistance à un faible taux d'oxygène. Néanmoins, afin d'assurer de bonnes conditions de croissance, le taux d'oxygène dissout doit être au-dessus de 4 mg/L (**Teletchea & Le Doré, 2011**).

Selon **Kolar et al., (2005)**, la maturité sexuelle est acquise à des âges compris entre 2 et 6 ans, le plus souvent entre 4 et 5 ans. Elle est fonction de la température, nécessitant 1 000 degrés-jours à 15°C et 500 degrés-jours à 30°C. La fécondité absolue est élevée et peut atteindre plus de 5 millions d'œufs pour certaines femelles. Elle varie fortement en fonction de la taille des poissons.

La saison de reproduction a lieu à la fin du printemps ou au début de l'été lorsque la température de l'eau est comprise entre 18-19°C et 22-26°C (**Kolar et al., 2005**). La ponte a lieu dans des zones où le courant est suffisamment fort (0,3 à 3,0 m/s). Les œufs et les larves sont semi-pélagiques et dérivent avec le courant, parfois jusqu'à 500 km en amont des zones de ponte (**Kolar et al., 2005**).

Les principales caractéristiques de la biologie de la reproduction de la carpe argentée sont résumées dans le tableau I.

1.1.5. Régime alimentaire

Hypophthalmichthys molitrix est un poisson qui se nourrit à la fois de phytoplancton, de cyanobactéries ainsi que de zooplancton. Ce poisson a aussi la possibilité de se nourrir de débris dont la taille varie de 6 µm à 25 µm, tels que les débris de plantes et la matière organique associée à des microorganismes auto et hétérotrophes. Ceci est possible grâce aux enzymes trypsine et amylase que contient son tube digestif. Ces débris constituent pour la carpe un apport considérable. La carpe argentée se nourrit la journée et son temps de transit est de 8 h à 10 h (**Bruslé & Quignard, 2001**).

La carpe argentée est munie d'un appareil filtreur sur les arcs branchiaux capable de retenir de fines particules. Ainsi, un poisson de 250 g filtrerait 32 L/h et prélèverait 1,3 g à 2 g de phytoplancton (**Bruslé & Quignard, 2001**).

Selon la **FAO (2011)**, il n'est pas nécessaire, en général, d'apporter des aliments formulés en élevage.

La température influence fortement l'alimentation de la carpe argentée puisqu'elle diminue fortement lorsque la température est inférieure à 8 °C/10 °C. A 20 °C, l'opération de filtration des particules en suspension est à son maximum de 18 à 25 litres (**Teletchea & Le Doré, 2011**).

1.2. *Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845)

1.2.1. Position systématique

Hypophthalmichthys nobilis, communément appelé « carpe à grosse tête » ou « à grande bouche », est un poisson Téléostéen de la famille des Cyprinidés. Sa position systématique est la suivante (UniProt, 2002-2015) :

| | |
|----------------------|---|
| Règne : | Animalia |
| Embranchement : | Chordata |
| Sous-embranchement : | Vertebrata |
| Classe : | Actinopterygii |
| Sous-classe : | Neopterygii |
| Infra-classe : | Teleostei |
| Ordre : | Cypriniformes |
| Famille : | Cyprinidae |
| Genre : | <i>Hypophthalmichthys</i> |
| Espèce : | <i>Hypophthalmichthys nobilis</i> (<i>Aristichthys nobilis</i>) |

1.2.2. Caractéristiques morphologiques

La carpe à grosse tête, très proche de la carpe argentée, est un poisson d'eau douce au dos foncé avec des flancs marqués par de nombreuses tâches sombres diffuses, et dont la face ventrale est jaunâtre. Elle a une croissance rapide et peut atteindre une taille de 1,5 m et un poids maximal de 40 kg à l'âge adulte. Son corps est allongé, comprimé latéralement, et recouvert de très nombreuses petites écailles. La tête est large et pointue, et la bouche assez grande et supère. Les yeux sont petits et positionnés assez bas. Elle possède un filtreur branchial qui n'est pas aussi fin que celui de la carpe argentée (Teletchea & Le Doré, 2011).

Les nageoires pectorales sont placées très bas sur l'animal et sont très larges et longues. Les nageoires pelviennes sont implantées en position abdominale, juste en avant de la dorsale. La nageoire dorsale est courte, alors que la nageoire anale est nettement plus longue que la dorsale. Le pédoncule caudal est assez étroit et porte une large nageoire caudale fourchue (Teletchea & Le Doré, 2011) (Figure 4).



Figure 4 : Carpe à grande bouche (*Hypophthalmichthys nobilis*)

1.2.3. Distribution géographique

Hypophthalmichthys nobilis est natif de l'Est de la Chine, avec une large distribution qui va des zones de drainage de la rivière Pearl dans le Sud de la Chine jusqu'à celle de la rivière de Heilongjiang. Elle est également originaire de la Sibérie Orientale et de la Corée du Nord (Kolar *et al.*, 2005). Il a aussi été rapporté que la population naturelle de la carpe à grosse tête a été retrouvée dans la Rivière Rouge en Viet Nam (Teletchea & Le Doré, 2011) (Figure 5).

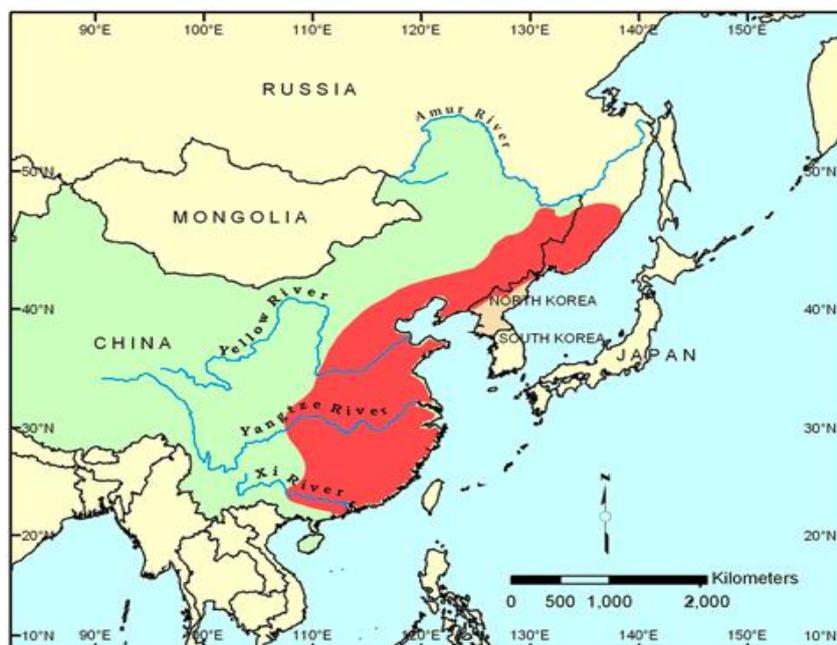


Figure 5 : Origine de la carpe grande bouche, *Hypophthalmichthys nobilis*, représentée en rouge (Kolar *et al.*, 2005)

L'introduction de cette espèce de poisson a été faite à de nombreuses reprises dans l'Est de l'Asie mais aussi dans toute l'Europe et en Afrique du Nord (**Teletchea & Le Doré, 2011**).

1.2.4. Habitat et biologie

Hypophthalmichthys nobilis fréquente principalement les eaux chaudes (> 24°C) et calmes des fleuves, lacs et des régions inondées avec des courants faibles (**Teletchea & Le Doré, 2011**). Espèce eurytherme, elle est capable de tolérer des variations de température de l'eau de 0,5-38°C et une salinité de 15-20 ‰ (**Kolar et al., 2005**).

La maturité sexuelle de la carpe à grosse tête est fonction des conditions climatiques et environnementales. Dans les milieux tempérés, elle est atteinte vers 6-8 ans lorsque les individus ont un poids compris entre 5 et 10 kg et une taille de 70 à 80 cm, alors qu'elle est atteinte vers 3 ou 4 ans dans les milieux tropicaux pour un poids compris entre 3 et 7 kg (**Kolar et al., 2005**).

D'après **FAO (1981)**, la fécondité absolue est élevée et augmente en fonction de l'âge et du poids des femelles. Elle s'élève à environ 50 000 ovules/ kg de femelle.

La saison de reproduction a lieu d'avril à juin et principalement à la fin de mai lorsque la température de l'eau est comprise entre 18 et 30°C. La ponte a lieu dans des sites caractérisés par des courants importants (0,6 à 2,3 m/s) et des eaux turbides (matières en suspension avec une visibilité de 10 à 15 cm) (**Kolar et al., 2005**). Les œufs et les larves sont semi-pélagiques et dérivent avec le courant, vers l'amont, dans des lacs ou des zones inondées (**Kolar et al., 2005**).

Les principales caractéristiques de la biologie de la reproduction de la carpe à grosse tête sont résumées dans le tableau I.

1.2.5. Régime alimentaire

Selon **Kolar et al., (2005)**, la carpe à grosse tête est un poisson vorace qui se nourrit de zooplancton et de petits invertébrés, mais aussi de grandes quantités de détritus, incluant des substances organiques et particules minérales. En élevage intensif et en forte densité, lorsque la nourriture naturelle est insuffisante, elle peut consommer en complément de la nourriture artificielle; notamment les granulés destinés aux truites. Elle est capable de se nourrir à des

températures très différentes, mais elle se nourrit le plus entre 20-22°C et s'alimentent très peu à 10°C.

L'appareil filtreur de *Hypophthalmichthys nobilis* est doté de longues branchiospines en forme de peigne couvert de mucus capables de retenir de petites particules (Figure 6). Ainsi, pour un poisson de 34 à 2 242 g, le taux de filtration varie entre 185 et 256 mL/h/g (Kolar et al., 2005).



Figure 6 : Appareil de filtration branchiale de la carpe à grande bouche (les branchies représentées en rouge car bien vascularisées sont droites et bien individualisées) (Kolar et al., 2005)

Tableau I : *Caractéristiques de la reproduction des carpes argentées et à grande bouche*
(Teletchea & Le Doré, 2011)

| Traits biologiques | Carpe argentée | Carpe à grande bouche |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Œufs | | |
| Diamètre ovocytaire (mm) | 1,25 | 1,30 |
| Taille de l'œuf après gonflement (mm) | 4,85 | 4,75 |
| Flottabilité | Pélagique | Pélagique |
| Adhésivité | Non | Non |
| Temps d'incubation (jours) | 1,3 | 1,3 |
| Température d'incubation (°C) | 22,5 | 23,5 |
| Larves | | |
| Taille à l'éclosion (mm) | 5,10 | 5,25 |
| Comportement larvaire | Pélagique | Pélagique |
| Température (°C) | 25,5 | 24,5 |
| Géniteurs | | |
| Age à maturité (années) ♀ | 5,5 | 6,5 |
| Taille à maturité (cm) ♀ | 67,5 | 72,5 |
| Fécondité relative (1 000 œufs/kg) | 90 | 55 |
| Fécondité absolue (1 000 œufs) | 850 | 750 |
| Age à maturité (années) ♂ | 4,5 | 6,5 |
| Taille à maturité (cm) ♂ | 57,5 | 65,0 |
| Conditions de ponte | | |
| Saison de ponte | Juin – Juillet | Juin – Juillet |
| Température lors de la ponte | 23,5 | 22,5 |
| Type d'eau | Eau courante | Eau courante |
| Type de substrat | Pélagophile | Pélagophile |
| Comportement de reproduction | Ponte en groupe | Ponte en groupe |

2. Hybrides de *Hypophthalmichthys* spp.

Les phénomènes d'hybridation sont fréquents chez les Cyprinidés et résultent en partie des modifications de leur milieu et de leur habitat, ces modifications pouvant être naturelles ou dues à l'action de l'Homme (**Billard, 1997**). L'hybridation entre deux espèces de Cyprinidés se fait donc naturellement lorsque ces deux espèces pondent au même endroit et à la même période et lorsqu'elles sont introduites dans des habitats qui ne constituent pas leur milieu natif (**Wheeler, 1969 ; Kolar et al., 2005**).

Selon **Kolar et al.,(2005)**, la carpe argentée est connue pour son hybridation avec la carpe à grande bouche. Ce croisement est utilisé en aquaculture en raison du faible rendement de laitance produit par la carpe à grande bouche à la fin du frai. L'hybridation entre *Hypophthalmichthys molitrix* et *Hypophthalmichthys nobilis* donne des hybrides diploïdes, fertiles et morphologiquement similaire à l'un ou l'autre des parents. Les branchiospines des hybrides ont généralement un développement intermédiaire entre les deux espèces mais apparaissent souvent plus ressemblante à l'une des espèces parentales. Ainsi, les branchiospines des hybrides présentant un effet ondulé sont à tendance carpe à grosse tête, alors que celles apparaissant sous forme déchiquetée et non fusionnée sont à tendance carpe argentée.

Après de nombreuses hybridations au fil des années en aquaculture mais aussi dans les milieux naturels, il est devenu difficile de trouver des espèces de lignée pures. C'est le cas d'autres espèces provenant d'autres groupes telles que les tilapias au Sud-Ouest des Etats-Unis (**Kolar et al., 2005**).

3. Physiologie générale chez les poissons

3.1. Respiration

Dans les milieux aquatiques où l'oxygène est fortement déficient, certains poissons peuvent utiliser l'oxygène de l'air. L'accès à cette source d'oxygène est réalisé soit par le développement d'un comportement de respiration aquatique de surface, utilisant la couche superficielle de l'eau la mieux oxygénée, soit par l'existence de système de respiration aérienne (cavité buccale et pharyngienne, respiration branchiale, respiration cutanée). Le système de respiration aérienne peut également provenir de l'adaptation de la vessie gazeuse (**Lévêque et al., 1994**). La vessie gazeuse ou natatoire remplit une fonction hydrostatique chez les

Téléostéens, elle permet d'ajuster la masse volumique de leur corps à celle de l'eau environnante (**Wehner & Gehring, 1995**).

3.2. Nutrition

Les aliments sont essentiellement composés de matière organique. Celle-ci est constituée dans la plupart des cas de grosses molécules (protéines, glucides et lipides) qui doivent être scindées en molécules plus petites pouvant être absorbées et entrées dans le métabolisme. Ce sont les processus de digestion qui réalisent cette fragmentation à l'aide d'enzymes. Chez la carpe, la digestion gastrique étant inexistante car dépourvu de cavité stomacale, la digestion entéro-pancréatique est la seule à intervenir dans la fragmentation des aliments. Le suc pancréatique présente un large éventail d'enzymes : amylolytiques (amylase et maltase), protéolytiques (trypsine et érepsine) et lipolytiques (lipase). Le foie, quant à lui, conserve ses trois fonctions essentielles : sécrétion biliaire, glycogénèse et adipogénèse (**Lévêque et al., 1994**).

3.3. Reproduction

3.3.1. Contrôle environnemental des cycles de reproduction

La reproduction des poissons est très dépendante des facteurs environnementaux. Les plus importants sont :

- La température : pour chaque espèce il existe un palier thermique à partir duquel l'expulsion des gamètes peut être déclenchée. Chez la carpe argentée, l'ovulation peut être obtenue à une température de 21-25°C au fond des rivières à fort courant (**Bruslé et al., 2013**). En aquaculture, la maturation complète des œufs initialement formés se produit lorsqu'un certain nombre de degrés-heures est atteint après la dose décisive d'hormone injectée à savoir 210-220 degrés-heures pour la carpe argentée, et 240-250 degrés-heures pour la carpe à grosse tête (**László et al., 1992**).
- La photopériode : concernant l'expulsion des gamètes, la photopériode semble avoir une certaine importance puisque beaucoup de poissons ont une préférence quant au moment de la journée où s'effectue le frai. Ceci s'expliquerait par l'existence de rythmes journaliers dans la sécrétion d'hormones gonadotropes sous l'effet d'oscillation du taux de mélatonine. Chez la carpe par exemple, la période de frai commence activement à l'aube et peut s'étaler durant la journée (**Lévêque et al., 1994**).

- La composition chimique de l'eau : des études ont démontré qu'une perturbation des besoins en oxygène, pH peut avoir pour effet une altération de la qualité des gamètes et, la présence de polluants (ammoniac, nitrites...) réduirait la fécondité des poissons et le taux de survie des stades embryonnaires et larvaires (**Lévêque et al., 1994**).
- L'alimentation : une bonne alimentation en quantité et qualité est nécessaire pour améliorer les performances reproductrices. Du fait que le développement des gonades s'effectue en partie grâce aux réserves corporelles, une alimentation riche en acides gras essentiels serait déterminante pour la qualité des réserves des gamètes (**Lévêque et al., 1994**).
- Les facteurs sociaux : la reproduction fait appel à des interactions entre individus du sexe opposé. Ainsi, la présence de femelles ovulantes stimule la spermiation chez les mâles. La mise en place d'individus du sexe opposé dans la même eau mais sans contact direct possible est souvent utilisé pour achever la maturation des reproducteurs (**Lévêque et al., 1994**).
- L'environnement physique : les manipulations par l'homme en condition d'élevage peuvent engendrer un stress des géniteurs entraînant ainsi une atrésie folliculaire et un faible volume spermatique (**Billard, 1997**).

3.3.2. Contrôle neuro-endocrinien des cycles de reproduction

3.3.2.1. Axe hypothalamo-hypophysaire

Le contrôle de la fonction de reproduction est assuré par le complexe hypothalamo-hypophysaire. Seulement deux hormones gonadotropes sont sécrétées par l'hypophyse : la GtH-I qui contrôle principalement les premières étapes de gamétogénèse y compris la vitellogenèse chez les femelles et la GtH-II qui intervient principalement sur les étapes finales (maturation ovocytaire, ovulation et spermiation). La GnRH, libérée par l'hypothalamus, a une action stimulante sur la sécrétion des gonadotropines alors que l'inhibition de ces dernières est, comme chez les autres Vertébrés, sous le contrôle du système dopaminergique (**Billard, 1995**).

3.3.2.2. Stéroïdes sexuels

Les stéroïdes sexuels sont les principales hormones produites par les gonades. Chez les poissons, trois grands groupes de stéroïdes sexuels agissent sur le cycle de reproduction pour réguler la maturation des gamètes, coordonner la reproduction et contribuer au développement

des caractères sexuels secondaires (Cyr et Eales, 1996 ; Migaud, 2002). Chez la femelle, l'œstradiol, synthétisé au niveau des follicules ovariens dans les cellules de la granulosa, stimule la synthèse de la vitellogénine par les hépatocytes ; et la 17α -hydroxy- 20β -dihydroprogestérone, dont la production est induite par la GtH-II, est responsable de la maturation finale des ovocytes. Chez le mâle, la spermatogenèse est associée à une sécrétion intense de testostérone et de 11-kétotestostérone par les cellules de Leydig ; alors que la spermiation est sous le contrôle de progestagène à savoir la 17α -hydroxy- 20β -dihydroprogestérone (Billard, 1995).

3.3.3. Gamétogenèse

3.3.3.1. Ovogenèse

Chez les Téléostéens, les ovaires sont généralement des organes pairs, allongés, en forme de sacs et situés longitudinalement dans la partie dorsale de la cavité abdominale, de part et d'autre de la vessie natatoire, et dont le volume varie selon l'état de maturité sexuelle. En effet, lorsqu'ils sont adultes et mûrs, ils occupent la majeure partie de la cavité générale, jusqu'à représenter 70% du poids corporel total (Genten *et al.*, 2012).

Les tissus de l'ovaire forment de nombreux replis ou lamelles ovigères dans lesquelles se trouvent des ovogonies, des ovocytes et des follicules à divers stades de développement. Contrairement à ce qui est observé chez les Vertébrés supérieurs, l'ovaire contient un stock d'ovogonies qui semble pouvoir être renouvelé tout au long de la vie par divisions mitotiques (Lévêque *et al.*, 1994).

Les ovocytes matures, émis lors de l'ovulation, sont obtenus à l'issue du processus d'ovogenèse qui se déroule en trois phases successives. La figure 7 illustre les différentes phases de croissance et de maturation ovocytaire.

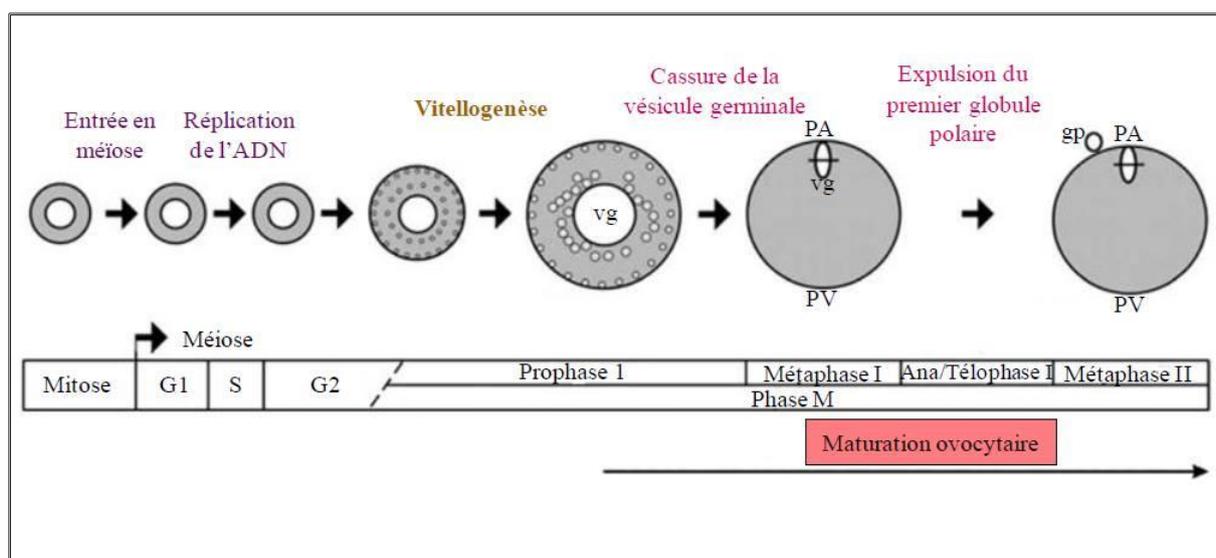


Figure 7 : Description schématique des étapes du développement ovocytaire et de la maturation finale des ovocytes (Lubzens et al., 2010 ; Castets, 2011)

vg : vésicule germinative ; PA : pôle animal ; PV : pôle végétatif ; gp : globule polaire

- **Prolifération ovogoniale**

Les ovogonies se multiplient par divisions mitotiques et deviennent des ovocytes primaires. Ces derniers s'entourent progressivement de couches cellulaires qui se différencient pour former une granulosa glandulaire, séparée de l'œuf par une zona pellucida, et une thèque (Harvey & Hoar, 1980).

- **Vitellogenèse**

La vitellogenèse comporte l'incorporation du vitellus, un ensemble complexe de réserves de nature lipidique, protéique et glucidique, indispensable au développement embryonnaire. Deux étapes caractérisent cette phase. La première étape, dite « vitellogenèse endogène », correspond à l'accumulation de réserves d'origine endogène (organites cellulaires, acides nucléiques) sous forme de vésicules vitellines dans le cytoplasme ovocytaire. La seconde, appelée « vitellogenèse exogène », correspond à l'incorporation dans l'ovocyte de vitellogénines, principalement les lipoglycophosphoprotéines synthétisés par le foie (Lévêque et al., 1994).

- **Phase terminale**

La maturation ovocytaire correspond à la dernière phase de l'ovogenèse soit à la migration de la vésicule germinative du centre de l'ovocyte vers le pôle animal où se situe le micropyle, et

la reprise de la division méiotique avec émission du premier globule polaire. A ce stade, l'ovulation peut avoir lieu (**Lévêque et al., 1994**).

Le nombre d'ovocytes expulsés, par cycle et par kilogramme de poids, varie selon les espèces mais aussi selon l'âge et la taille (**Billard, 1995**). Ainsi, une carpe argentée peut produire 75 000 à 140 000 ovocytes / kg de poids frais (**Bruslé et al., 2013**).

Le tableau II résume les différents stades du développement ovocytaire et leur classification établis par **Rinchard et al., (1996) ; Migaud (2002)**.

Tableau II : *Les caractéristiques microscopiques de l'ovaire pour la détermination des stades de maturité*

| N° du stade de développement | Stade de l'ovaire | Stade ovocytaire présent dans l'ovaire | Description des ovocytes les plus avancés |
|------------------------------|---------------------------------|--|---|
| 1 | Prévitellogénique | Ovocytes prévitellogéniques | Ovocytes avec vacuole libre dans le cytoplasme |
| 2 | Début de vitellogenèse endogène | Ovocytes prévitellogéniques et ovocytes en vitellogenèse endogène | Apparition de vésicules de vitellines (glycoprotéines) formant 2 ou 3 rangées en périphérie du cytoplasme |
| 3 | Fin de vitellogenèse endogène | Ovocytes prévitellogéniques et ovocytes ayant achevé leur vitellogenèse endogène | Ovocytes remplis de vésicules vitellines. Enveloppes folliculaires et cellulaires |
| 4 | Vitellogenèse exogène | Ovocytes prévitellogéniques et ovocytes aux différents stades de vitellogenèse exogène | Ovocytes accumulant des globules vitellins et des vésicules vitellines en périphérie du cytoplasme |
| 5 | Maturation finale | Ovocytes prévitellogéniques et ovocytes en maturation finale | Apparition du micropyle et migration de la vésicule germinale vers le micropyle |
| 6 | Post-ponte | Ovocytes prévitellogéniques et follicules pré- et post-ovulatoires | Follicules pré- et post-ovulatoires hypertrophiés, dégénérescence de la substance vitelline |

3.3.3.2. Spermatogenèse

Chez la plupart des Téléostéens, les testicules sont des organes pairs, allongés et situés dorsalement dans la cavité générale sous la vessie natatoire. Ils sont prolongés vers l'arrière par un canal déférent (spermiducte) se terminant au niveau de la papille génitale. Leur taille et leur développement diffèrent selon la saison et l'âge de l'animal. Ils sont formés d'un compartiment

germinal composé de cellules nourricières (les cellules de Sertoli) et de cellules impliquées dans la gamétogenèse, et d'un compartiment interstitiel formé de cellules endocrines (les cellules de Leydig) et d'un système de vascularisation (**Genten et al., 2012**).

Selon **Billard (1986)**, la spermatogenèse comporte une phase de multiplication des spermatogonies, suivie de la méiose et de la spermiogénèse, et s'achève par l'accumulation de spermatozoïdes dans les testicules puis par leur émission. Les spermatogonies A subissent une division mitotique pour devenir des spermatogonies B qui deviendront des spermatocytes primaires puis secondaires. Et suite aux divisions méiotiques secondaires les spermatides apparaissent. Chaque spermatide se différencie en spermatozoïdes. Ces derniers se détachent des cellules de Sertoli et sont libérés dans le spermiducte, c'est la spermiation.

La production de spermatozoïdes est généralement élevée : 2 000 milliards de spermatozoïdes par cycle pour une carpe de 1 kg (**Billard, 1995**).

3.3.3.3. Estimation de la qualité des gamètes

Chez les mâles Téléostéens, l'évaluation de la motilité des spermatozoïdes est le principal paramètre utilisé pour évaluer la qualité du sperme. La motilité est en effet essentielle pour la fécondation d'un ovocyte. La technique la plus simple consiste à observer sous microscope, entre lame et lamelle, la semence. D'autres méthodes sont également utilisées et consistent en un enregistrement vidéo du mouvement des spermatozoïdes qui sera étudié grâce aux systèmes CASA (Computer Assisted Sperm Analysis) (**Fauvel et al., 2010 ; Castets, 2011**).

Chez les femelles, les différentes réserves accumulées dans l'ovocyte au cours de l'ovogenèse déterminent la qualité de celui-ci au moment de la ponte. La composition biochimique de l'ovocyte permet donc d'estimer sa qualité : les réserves en acides aminés, lipides, vitamines, hormones et ARNs jouent un rôle clé dans l'assemblage correct d'un ovocyte de qualité du fait de leur participation au bon fonctionnement cellulaire. La méthode classique permettant d'estimer la qualité d'un ovocyte repose essentiellement sur l'évaluation d'un critère morphométrique qui est la taille. En aquaculture, il est historiquement perçu qu'un ovocyte plus gros est de meilleure qualité (**Bobé et Labbé, 2010 ; Castets, 2011**).

Une diminution progressive de la qualité des ovocytes peut être expliquée par le phénomène de surmaturation qui est assez fréquent chez les poissons d'élevage. Ce phénomène entraîne une dégénérescence des ovocytes suite à leur rétention dans les ovaires après l'ovulation (**Kjorsvik et al., 1990 ; Castets, 2011**).

3.3.4. Embryogenèse

3.3.4.1. Développement embryonnaire

La fécondation est suivie par un processus de clivages cellulaires qui correspond à une série de divisions mitotiques rapides permettant l'obtention de nombreuses cellules appelées blastomères. Les figures ci-dessous illustrent les différents stades de l'embryogenèse chez le poisson-zèbre (**Bauchrowitz Martina, 2008**).

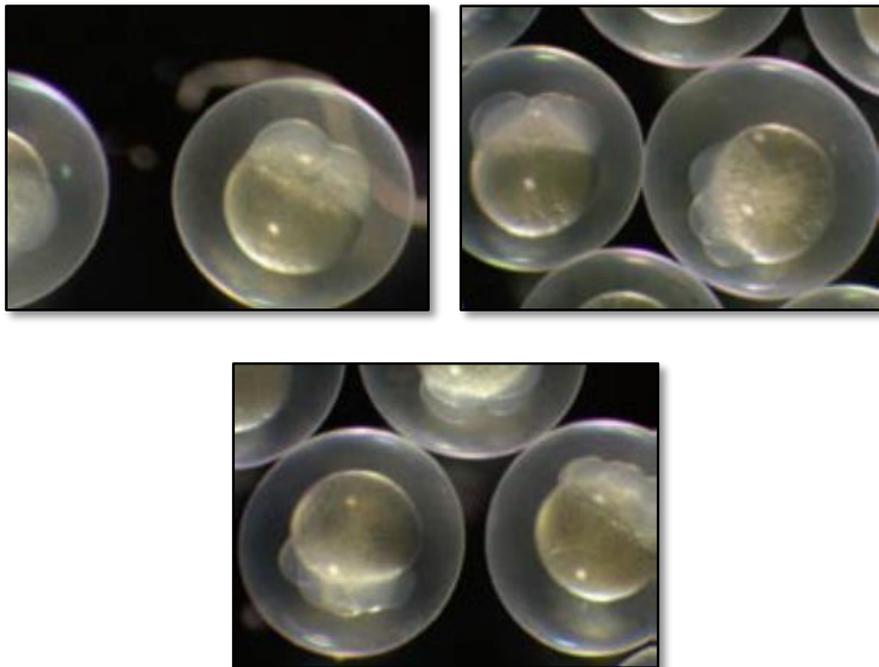


Figure 8 : *Les cellules de l'œuf fécondé commencent à se diviser : stades 2, 4 et 8 cellules* (**Bauchrowitz Martina, 2008**)



Figure 9 : *Stade blastula précoce (environ 2,3 heures après fécondation) : les cellules se rassemblent au sommet du sac vitellin* (**Bauchrowitz Martina, 2008**)

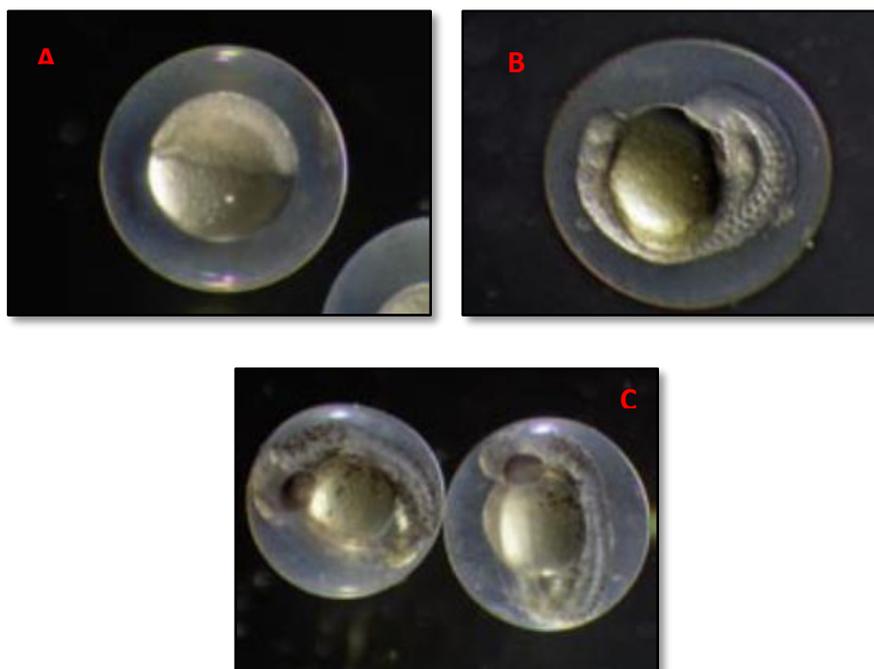


Figure 10 : (A) : *stade gastrula précoce (environ 5,7 heures après fécondation); formation des trois feuilletts embryonnaires fondamentaux (ectoderme, endoderme et mésoderme) à partir desquels se formeront les organes.* (B): *embryon de 24 heures; la chorde dorsale -le précurseur de la colonne vertébrale- est déjà bien reconnaissable.* (C) : *embryons de 2 jours; les ébauches oculaires sont bien visibles.* (Bauchrowitz Martina, 2008)

3.3.4.2. Estimation de la qualité des œufs fécondés

Le taux de fécondation est le paramètre le plus fiable et le plus souvent utilisé pour détecter les pontes de mauvaise qualité. En effet, la fécondation de l'ovocyte dépend non seulement de son contenu mais aussi de la qualité des spermatozoïdes. Le taux de malformation embryonnaire et le taux d'éclosion sont également de bons indicateurs de viabilité des œufs (Kjorsvik et al., 1990 ; Castets, 2011).

4. Reproduction artificielle chez les poissons

En aquaculture, les géniteurs et plus particulièrement les femelles maintenues en captivité, même en conditions thermorégulées satisfaisantes, n'ovulent pas spontanément. La stimulation de l'ovulation est donc nécessaire. Elle repose principalement sur l'administration de gonadotrophine exogène. En effet, sous des conditions artificielles, la glande pituitaire des géniteurs ne sécrète pas suffisamment d'hormone pour une ponte naturelle. Les géniteurs sont

traités avec des injections d'agents œstrogéniques comme la LRH (*Luteinizing Releasing Hormone*), LRH-A (*Luteinizing Releasing Hormone Analogue*), glande pituitaire des poissons (hypophyse de poisson), HCG (*Human Chorionic Gonadotropin*), etc., pour qu'ils sécrètent leur propre hormone gonadotrophine. Seulement, c'est la méthode d'hypophysation qui demeure le seul choix réaliste pour l'éleveur de poissons. Cette méthode sous-entend l'injection, intramusculaire ou intrapéritonéale, d'extraits bruts d'hypophyse de poissons (**Harvey & Hoar, 1980**).

Chez les femelles, le succès de l'approche hormonale dépend de l'état de maturité des ovaires lequel dépend, entre autres, de la température de l'eau utilisé pour l'élevage, de la saison de reproduction et de la somme de degrés-heures. D'autres paramètres sont également pris en compte : souplesse, élasticité et rebondi de l'abdomen, proéminence et turgescence de la papille génitale. Il est cependant préférable de se référer à la position de la vésicule germinative de l'ovocyte qui constitue une bonne signature de l'état d'avancement de la maturation finale. L'opération consiste à prélever par cathéter, inséré via l'orifice génital, quelques follicules afin de visualiser la position de la vésicule germinative. Les chances d'ovulation sont maximales lorsque le noyau débute sa migration en direction du pôle animal où se trouve le micropyle, orifice par lequel pénètre le spermatozoïde lors de la fécondation.

La spermiation des mâles est faible surtout lorsqu'ils sont séparés des femelles et une injection hormonale, à des doses plus faibles que pour les femelles, est aussi pratiquée pour augmenter le volume de la laitance (**Billard, 1995**).

La reproduction artificielle des carpes chinoises peut être contrôlée dans des écloséries spécialisées, qui permettent d'obtenir à partir de géniteurs choisis des alevins en nombre voulu. Selon **CNEXO (1979)**, les écloséries supposent :

- le maintien d'un stock de géniteurs qui peut faire l'objet d'une sélection ;
- le contrôle de la formation des gamètes, en particulier de l'ovulation, par voie hormonale ;
- la fécondation artificielle ;
- l'incubation des œufs ;
- l'élevage des alevins jusqu'à leur transfert vers des étangs.

***CHAPITRE II :
MATERIEL ET
METHODES***

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Les carpes chinoises ont été introduites dans de très nombreux pays pour la lutte biologique (amélioration de la qualité d'eau) et l'aquaculture. En Algérie, au cours de la période 1985-2006, l'activité aquacole consistait en l'importation d'espèces dulçaquicoles de la Hongrie, en particulier les carpes chinoises, et leur introduction dans divers plans d'eau, barrages et retenues collinaires dans le cadre de peuplement de ces derniers. Cependant, du fait de l'absence des conditions nécessaires pour leur reproduction naturelle, et afin d'éviter de lourdes et coûteuses opérations d'importations ainsi que les risques de transferts de pathogènes, des essais concluants de reproduction artificielle de géniteurs présents dans nos plans d'eau, grâce à l'induction de la ponte, ont été réalisés lors d'opérations de repeuplement (**Meddour et al., 2005**). Et c'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude, portant sur la maîtrise des techniques de reproduction de deux espèces de carpes chinoises (carpe argentée et à grosse tête), menée au niveau de l'écloserie Zaïri, sur une période de 04 jours, allant du 13 au 16 Août 2015.

1. Matériel

1.1. Ecloserie Zaïri

L'étude a été réalisée au niveau de l'écloserie de Zaïri située dans la wilaya de Sétif, plus précisément dans la commune d'El Ouricia (lieu-dit Zaïri) à une quinzaine de kilomètre de Sétif.

Cette zone est située à 1 100 m d'altitude et est caractérisée par un climat de type continental semi-aride, avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec (Figure 11).

La saison pluvieuse s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril ou parfois Mai. Une importante pluviométrie est enregistrée dans cette partie nordique de Sétif avec 700 mm annuellement. Le potentiel hydrique est aussi très important, il est estimé à environ 785 millions de m³ d'eau dont 615 millions de m³ d'eau superficielles et 170 millions de m³ souterraines (**ANDI, 2013**).

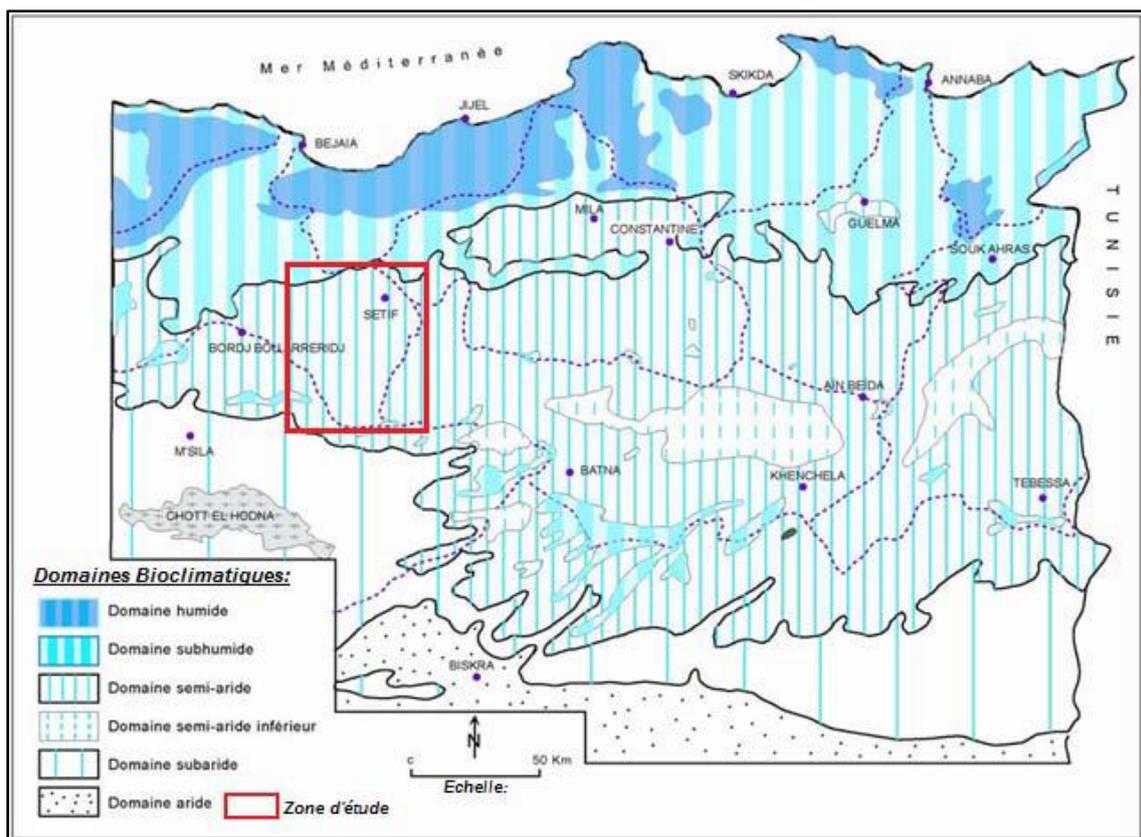


Figure 11 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Mebarki, 2005).

L'écloserie Zaïri est située à proximité d'une retenue collinaire de 5 hectares (Figure 12). Cette dernière est gérée par la direction de la pêche de Sétif (Benia et al., 2013).

La station expérimentale Zaïri, spécialisée dans le domaine de l'aquaculture et relevant du Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture, a été réalisée dans le cadre du développement de l'aquaculture. Elle a été réceptionnée en Novembre 2010.

Pas moins de 6.1 millions de larves de carpes (argentées et à grosse tête) ont été produites en 2011 dans cette station dans le cadre de la campagne nationale de peuplement et repeuplement des plans d'eau, et ont fait l'objet d'ensemencement de 23 barrages et retenues collinaires de 17 wilayas (CNRDPA, 2011).

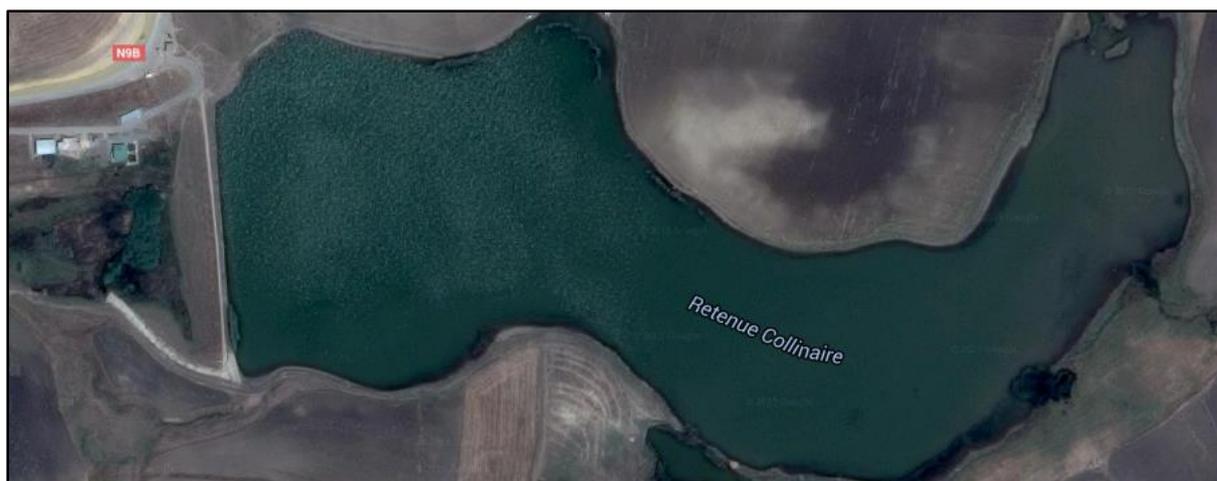


Figure 12 : *Vue aérienne de la retenue collinaire et de l'écloserie Zaïri*

L'écloserie Zaïri dispose du matériel suivant :

- **Bassins d'eau de 2 m³ et 3 m³** : ces bassins sont directement alimentés de la retenue d'eau Zaïri. L'eau arrive à l'écloserie par gravitation, supplémentée par l'action d'une pompe.

L'eau de la retenue est caractérisée par une production phytoplanctonique et zooplanctonique permettant l'alimentation des géniteurs.

Il y a dix bassins en tout, six extérieurs à l'entrepôt et quatre à l'intérieur. Les bassins extérieurs sont destinés pour accueillir les géniteurs mâles mais aussi pour le grossissement des alevins faute d'étangs. Leur volume est de 2 m³. (Annexe I)

Ceux entreposés à l'intérieur du bâtiment sont destinés, quant à eux, aux géniteurs femelles et leur contenance est de 3 m³. (Annexe I)

- **Incubateurs** : ils accueillent les œufs fécondés et permettent le développement embryonnaire. Leur contenance est de 200 L. La circulation d'eau est assurée en permanence afin d'éviter l'agrégation des œufs, le débit d'eau étant de 3.5 litres / minute. Le remplissage se fait à partir de l'eau de la retenue additionnée au formol. (Annexe I)

Au cours de chaque opération de reproduction, plus exactement une heure avant le premier traitement hormonal des géniteurs, une quantité de 50 ml de formol à 1% est ajoutée, toutes les quatre heures, aux incubateurs afin de réduire le développement des micro-organismes notamment les parasites nuisibles aux œufs.

1.2. Matériel biologique

Les opérations d'induction de ponte ont nécessité l'utilisation d'un matériel biologique.

- **Géniteurs** : pêchés dans la retenue collinaire d'Ain Abassa, à Sétif, les géniteurs sont transportés vers l'écloserie dans un vivier équipé de diffuseurs d'air pour une bonne oxygénation de l'eau, au moyen d'une camionnette. A leur arrivée, ils sont directement placés dans les bassins, les mâles étant séparés des femelles. (Annexe I)

Les deux opérations de pêche se sont déroulées le 13 et 15 Août 2015 et ont permis de récupérer au total 10 femelles et 10 mâles.

- **Hormones** : deux types d'hormones sont utilisées, l'extrait d'hypophyse de carpe pour les femelles et l'Ovopel pour les mâles.

- **Extrait d'hypophyse de carpe** : L'hypophyse de carpe utilisé est sous forme déshydratée à l'acétone. (Annexe I)

Seules les femelles ont bénéficié d'injections d'hypophyse. Selon **Jean Petit (1999)**, la préparation hormonale la plus courante pour une stimulation endocrinienne appropriée chez les poissons est l'extrait hypophysaire de carpe ou de saumon. L'injection de cette préparation est très généralement employée pour induire l'ovulation chez les Cyprinidés en Chine, en Inde et en Europe de l'Est.

- **Ovopel** : c'est un produit industriel de la Hongrie. Il est destiné à remplacer l'utilisation de l'hypophyse de carpe dans le processus d'induction de la reproduction artificielle chez les poissons. Ce produit contient un analogue de la GnRH et un antagoniste de la dopamine. L'Ovopel se présente lui aussi sous forme de granulés.

2. Méthodes

Les deux opérations de reproduction artificielle réalisées comportent les mêmes étapes : une induction de la ponte par voie hormonale, une étude de la fécondité des femelles ainsi qu'une classification des individus.

2.1. Induction de la ponte

2.1.1. Préparation des géniteurs

2.1.1.1. Anesthésie

En raison de l'extrême nervosité des carpes chinoises, les prédisposant à réagir par des sauts intempestifs, il est indiqué de les anesthésier avant de procéder à leur manipulation (**Woynarovich, 1982**). Une exposition des géniteurs à un anesthésiant est donc réalisée au tout début de chaque expérience afin de faciliter leur manipulation. De l'eugénol (essence de girofle) est utilisé à raison de 0,1 ml/ L d'eau. Chaque poisson, dont la tête est recouverte d'une serpillière, est alors placé, tour à tour, dans un bac à plastique contenant un mélange de 100 L d'eau et 10 ml d'eugénol pendant une durée de 2 minutes. (Figure 13)

Les poissons sont retirés du bain anesthésiant dès qu'il y a perte d'équilibre et avant l'arrêt des mouvements respiratoires.



Figure 13 : Anesthésie des géniteurs (Photo originale)

2.1.1.2. Pesée

Les géniteurs anesthésiés subissent une pesée. Celle-ci se fait à l'aide d'une balance afin de déterminer par la suite la dose d'hormone à injecter pour chaque individu.

2.1.2. Traitement hormonal

L'ovulation est généralement provoquée par administration de l'hypophyse de carpe en deux doses. La première est dite de « stimulation » et la seconde de « résolution ». L'injection des mâles se fait au moment de la seconde injection de la femelle (**Harvey & Hoar, 1980**).

Selon le protocole utilisé au niveau de la station Zaïri, les femelles, encore sous l'effet de l'anesthésie, reçoivent vers 12h00, juste après la pesée, leur première dose d'hormone puis sont réintroduits dans leurs bassins et recouverts d'une senne. L'opération est effectuée sur une table de travail recouverte par une large serpillière permettant d'éviter les blessures aux poissons.

L'injection se fait à l'aide d'une seringue munie d'une aiguille en intramusculaire, au-dessous du premier rayon de la nageoire dorsale, sous les écailles. Cette procédure se fait dans le calme pour éviter le stress des géniteurs (Figure 14). La deuxième injection est réalisée 10 heures après, soit à 22h00, en procédant de la même façon à savoir un bain d'anesthésie pour chaque individu avant l'injection. Dans la littérature, la deuxième injection doit se faire 6 heures après la première.



Figure 14 : Administration d'hormone pour les géniteurs (Photo originale)

La méthode de calcul du dosage de l'hormone est fonction du poids de l'individu. Ainsi, l'hypophyse de carpe est utilisée à raison de 5 mg/ kg de poids. Les granulés d'hypophyse de carpe sont broyés dans un mortier jusqu'à obtention d'une poudre fine puis dilués dans 0.2 ml/ kg d'eau physiologique. Le volume de la première dose est de l'ordre de 1/10^{ème} (10%) du

volume total à injecter, celui de la deuxième est de 9/10^{ème} (90%). Cependant, pour une efficacité accrue, 100% de la dose est injectée lors de la 2^{ème} injection. Les doses utilisées pour l'induction hormonale chez les femelles sont données dans le tableau III.

Tableau III : *Dosage hormonal chez les femelles*

| Femelles | Poids (kg) | 1 ^{ère} injection (mg) (10%) | 2 ^{ème} injection (mg) (100%) |
|----------|------------|--|---|
| 01 | 5,46 | 2,73 | 27,3 |
| 02 | 6 | 3 | 30 |
| 03 | 6,17 | 3,09 | 30,85 |
| 04 | 3,26 | 1,63 | 16,3 |
| 05 | 6,47 | 3,24 | 32,35 |
| 06 | 5,67 | 2,84 | 28,35 |
| 07 | 6 | 3 | 30 |
| 08 | 8,13 | 4,07 | 40,65 |
| 09 | 6,5 | 3,25 | 32,5 |
| 10 | 6,75 | 3,38 | 33,75 |

Après la deuxième injection, la température des différents bassins des femelles est mesurée chaque heure afin de repérer le moment de la ponte. Le stripping est réalisé 7 heures après la 2^{ème} injection.

La procédure du traitement des mâles par l'Ovopel se fait de la même façon que le traitement des femelles. Les granulés d'Ovopel sont utilisés à raison de 3 mg / kg de poids dilués dans 0.2 ml de solution physiologique pour chaque kilogramme de poisson. La totalité de la dose est injectée en une seule fois. Les doses d'Ovopel injectées aux mâles sont résumées dans le tableau IV.

Tableau IV : *Dosage hormonal chez les mâles*

| Mâles | Poids (kg) | Injection (mg) |
|-------|------------|----------------|
| 1 | 6,00 | 18,00 |
| 2 | 6,00 | 18,00 |
| 3 | 4,50 | 13,50 |
| 4 | 5,00 | 15,00 |
| 5 | 6,00 | 18,00 |
| 6 | 6,00 | 18,00 |
| 7 | 5,26 | 15,78 |
| 8 | 4,76 | 14,28 |
| 9 | 5,00 | 15,00 |
| 10 | 4,21 | 12,63 |

2.1.3. Stripping

2.1.3.1. Récolte des gamètes femelles

Après un degré heure équivalent à 175°h, soit à 4h30 environ, une légère pression sur l'abdomen du poisson est exercée à la surface de l'eau afin de vérifier l'écoulement des œufs. Si tel est le cas, l'orifice génital est obturé avec le pouce du manipulateur et le géniteur est retiré du bassin. Selon **Woynarovich (1982)**, pour éviter les pertes d'œufs, les géniteurs de carpes chinoises doivent être retirés de l'eau avec beaucoup de délicatesse car leur papille génitale n'est pas suturée.

Sur la table de travail, l'abdomen du géniteur est essuyé afin d'éviter aux œufs tout contact avec l'eau. La femelle est alors maintenue en position inclinée, le ventre vers la table de manipulation, et sous pression abdominale, les ovules sont recueillis dans un récipient sec et propre. C'est la méthode sèche. (Figure 15)



Figure 15 : Récolte des ovules (Photo originale)

2.1.3.2. Récolte de la laitance

A l'aube, le géniteur mâle est également retiré du bassin et subit une légère pression abdominale permettant la récolte de la laitance dans un verre propre et sec (Figure 16).

Les premières gouttes de sperme sont écartées parce qu'elles sont souvent souillées par du contenu intestinal, de l'eau ou du sang. Une laitance crémeuse, blanchâtre ou jaunâtre, sans trace de sang est considérée de bonne qualité (Woynarovich, 1982).



Figure 16 : Récolte de la laitance (Photo originale)

2.1.3.3. Fécondation artificielle

Les ovules récoltés ainsi que la laitance sont mélangés à sec, délicatement, à la main pendant 30 secondes. Le mélange obtenu subit 3 rinçages à l'eau pure, 5 minutes chacun, jusqu'à obtention d'œufs gonflés (Figure 17).



Figure 17 : Fécondation à sec et rinçage (Photo originale)

2.1.4. Incubation

Les œufs fécondés de chaque femelle sont placés dans des incubateurs différents, à flux continu permettant d'éviter leur adhésion, la température varie de 22-25°C.

Un échantillon d'œufs fécondés est transféré dans des bouteilles de zoug facilitant ainsi leur suivi visuel ainsi que leur développement embryonnaire.

2.2. Etude de la fécondité

Dans les élevages, selon **Lévêque et Paugy (2006)**, la fécondité est un indicateur de la réussite d'une saison de reproduction. C'est une valeur quantitative. Deux valeurs de fécondité peuvent être calculées, la fécondité relative (Fr) et la fécondité absolue (Fa).

La fécondité relative correspond au nombre d'œufs par unité de poids corporel émis par les géniteurs et est exprimé en g⁻¹. Elle est obtenue en divisant le nombre total d'œufs émis par un individu par son poids corporel. Sa formule est comme suit :

$$Fr = \frac{(\text{nombre d'oeufs total})}{(\text{poids corporel})}$$

La fécondité absolue quant à elle, correspond au nombre d'ovules matures présents dans la gonade. Pour ce travail, elle est obtenue à partir du nombre d'ovules présents dans 1g. Elle est donc calculée en multipliant ce nombre par le poids total des œufs obtenus après stripping.

Pour le calcul de la fécondité absolue, la démarche suivante a été entreprise :

$$Fa = \text{Nombre d'ovules dans 1g} \times \text{poids total des ovules}$$

Au cours de chaque opération d'induction, le nombre d'œufs a été déterminé par comptage. Pour cela et par faute de matériel, deux échantillons de 10 g chacun sont effectués après chaque récolte pour chaque femelle. Le nombre d'œufs dans 10 g est compté manuellement, puis reporté à un gramme de poids d'œufs. (Figure 18)



Figure 18: *Comptage des œufs (Photo originale)*

2.3. Estimation du taux de fécondation

L'estimation du taux de fécondation est déterminée en observant les œufs sous loupe binoculaire. Pour chaque femelle ayant pondu, trois prélèvements aléatoires d'œufs sont réalisés à l'aide d'un tuyau, à partir des bouteilles de zoug, puis transférés dans une boîte de pétri pour une éventuelle observation sous loupe binoculaire. (Figure 19)

L'observation de ces échantillons permet de déterminer le nombre d'œufs en développement et de repérer les différents stades de développement embryonnaire ainsi que les pertes d'œufs (Figure 20).

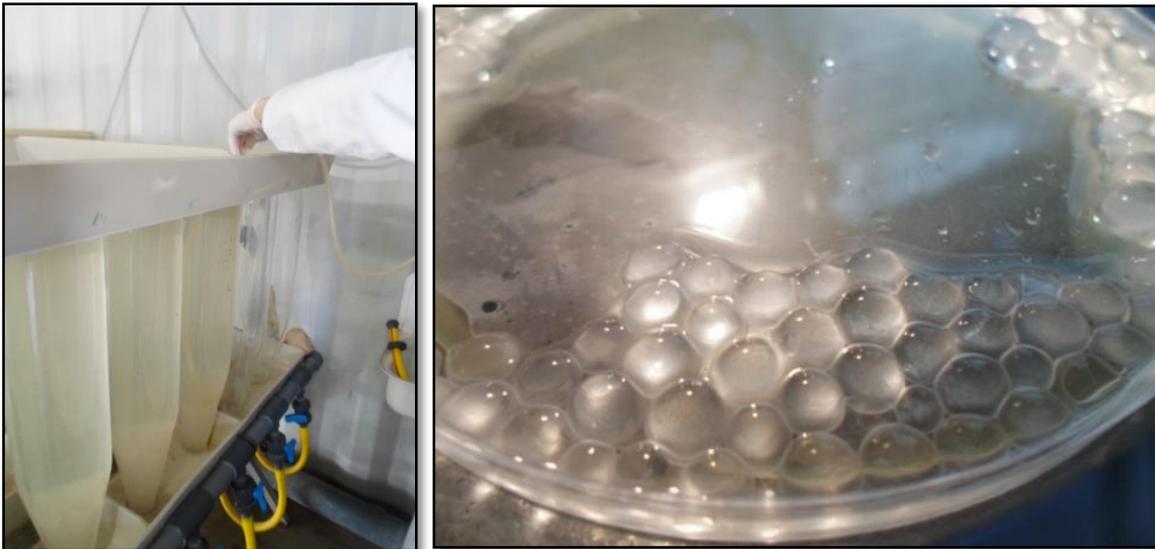


Figure 19 : *Echantillonnage et observation d'œufs fécondés sous loupe binoculaire (Photo originale)*

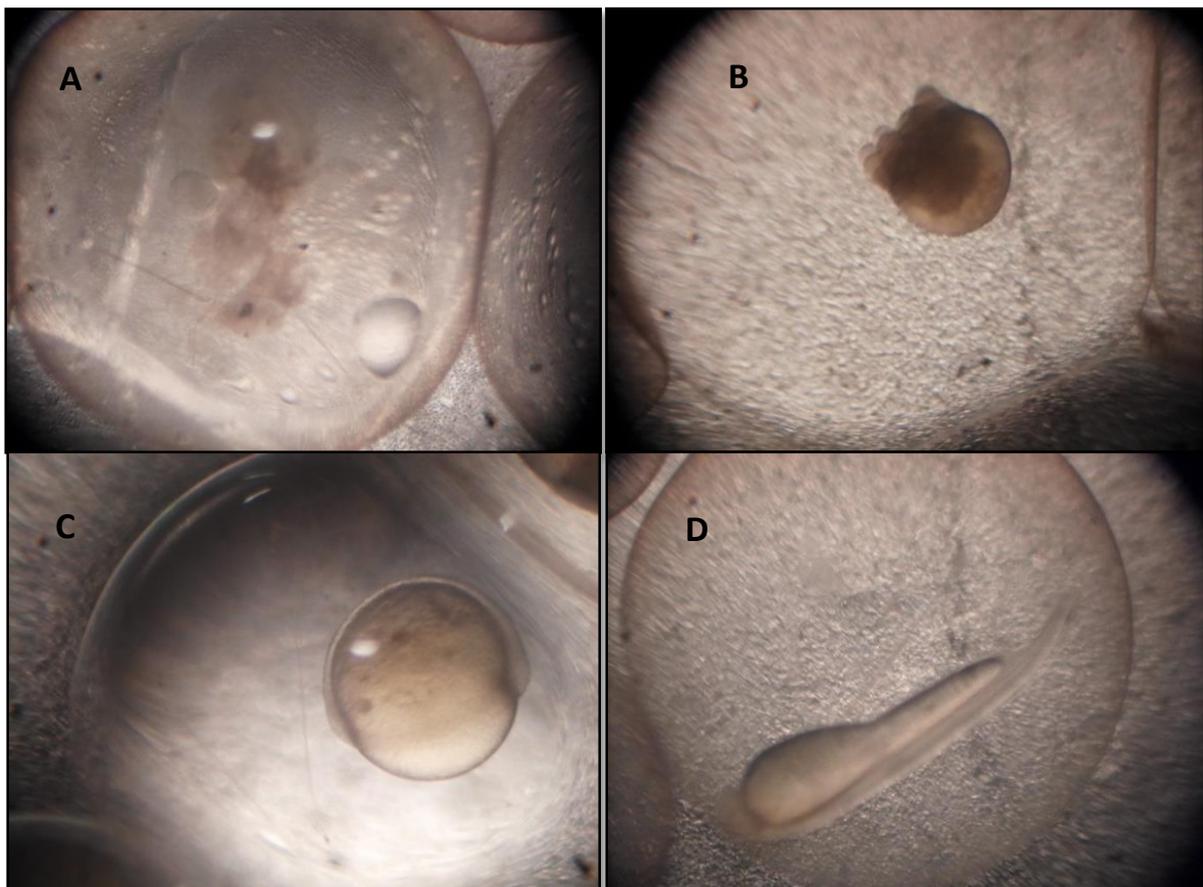


Figure 20 : *Différentes phases du développement embryonnaire de Hypophthalmichthys molitrix (A : œuf détruit ; B : stade blastula ; C : stade gastrula ; D : morphogenèse -œuf prêt à éclore-) (Photo originale)*

2.4. Systématique

Après anesthésie, chaque femelle a été observée afin de déterminer si celle-ci était une carpe argentée, une carpe à grande bouche, un hybride à tendance grande bouche ou bien un hybride à tendance argentée.

Le tableau V, ci-dessous présente les principales différences ayant permis de distinguer entre carpe argentée, carpe à grande bouche, hybride à tendance grande bouche et hybride à tendance argentée.

Tableau V : *Caractères morphologiques distinctifs*

| Caractères | Carpe argentée | Carpe à grande bouche | Hybride à tendance argentée | Hybride à tendance grosse tête |
|--|--|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Branchies | Fines avec effet spongieux (figure 21) | Épaisses et individualisées (figure 22) | Déchiquetées et non fusionnées | Effet ondulé |
| Nageoires | Non croisées (figure 23) | Croisées (figure 24) | | |
| Position des yeux par rapport à la ligne médiane | En dessous | Même niveau | Même niveau | Même niveau |

Pour cela, les éléments suivants ont été observés :

1. Les branchies : l'appareil filtreur de la carpe argentée est plus fin que celui de la carpe à grande bouche et présente un effet spongieux. (figures 21, 22)



Figure 21 : *Branchies de la carpe argentée* (Photo originale) Figure 22 : *Branchies de la carpe grande bouche* (Photo originale)

2. Les nageoires : chez la carpe argentée, la nageoire pectorale est courte (figure 23), ce qui n'est pas le cas pour la carpe à grande bouche dont la nageoire pectorale atteint le début de la nageoire pelvienne et se croise avec elle (figure 24).



Figure 23 : *Nageoires non croisées*
(Photo originale)



Figure 24 : *Nageoires croisées*
(Photo originale)

3. La position des yeux : chez la carpe argentée, les yeux se situent en dessous de la ligne médiane du corps.

2.5. Analyse statistique

L'analyse statistique consiste en premier lieu à établir une étude descriptive des différentes caractéristiques des géniteurs femelles et en deuxième lieu une analyse de corrélation pour la mise en évidence d'éventuelles interactions entre différents paramètres biologiques des femelles : poids corporel, longueur totale et fécondité relative. Le coefficient de corrélation r est ainsi calculé. Il permet de détecter la présence ou l'absence d'une relation entre deux facteurs considérés et donner une intensité à cette relation (Figure 25).

Les données sont exprimées en moyennes ajustées \pm écart-type. Le seuil de risque est fixé à $P < 0,05$ pour toutes les analyses effectuées.

L'analyse statistique est établie sur Statistica 10.0 de StatsoftInc, Tulsa, USA.

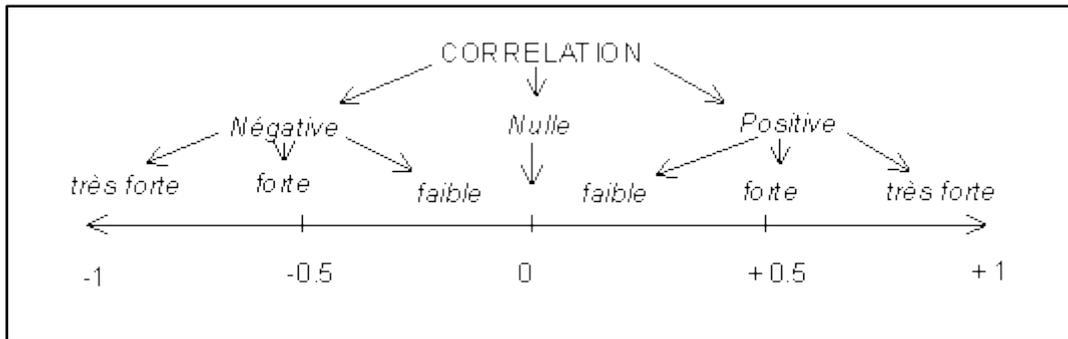


Figure 25 : *Interprétation de r*

CHAPITRE III :
RESULTATS ET
DISCUSSION

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Résultats

1.1. Caractéristiques morphométriques des géniteurs femelles

Les mesures morphométriques classiques des femelles sont présentées dans le tableau VI. Le poids corporel des 10 femelles avant la ponte artificielle varie entre 3,26 kg comme valeur minimale et 8,13 kg comme valeur maximale, d'où un poids total moyen de $6,041 \pm 1,22$ kg. La longueur totale varie entre 69,5 cm et 88 cm avec une moyenne de $82,35 \pm 5,01$ cm.

Tableau VI : Résultats de la morphométrie des femelles

| Femelle | Poids (kg) | Taille totale (cm) | Taille à la fourche (cm) | Taille standard (cm) | Taille de la tête (cm) |
|----------------|------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 | 5,46 | 84,5 | 78,5 | 77 | 20 |
| 2 | 6 | 80,5 | 76,5 | 75,5 | 19,8 |
| 3 | 6,17 | 84,5 | 77 | 79 | 21,7 |
| 4 | 3,26 | 69,5 | 74 | 63 | 19 |
| 5 | 6,47 | 85 | 80 | 78,5 | 20,5 |
| 6 | 5,67 | 82,5 | 79 | 76,5 | 20 |
| 7 | 6 | 81 | 74,5 | 71 | 19 |
| 8 | 8,13 | 88 | 81,5 | 79 | 22 |
| 9 | 6,5 | 85 | 77 | 72 | 20 |
| 10 | 6,75 | 83 | 77 | 72 | 20,9 |
| Moyenne | $6,041 \pm 1,22$ | $82,35 \pm 5,01$ | $77,5 \pm 2,32$ | $74,35 \pm 4,99$ | $20,29 \pm 1,008$ |

1.2. Systématique des géniteurs

La systématique des géniteurs femelles a été étudiée par observation du phénotype à savoir les branchies, nageoires et la position des yeux. Les résultats sont donnés dans le tableau VII et la figure 26. Sur les 10 femelles, seulement deux ont été classées comme étant des carpes argentées pures, les autres comme hybrides. La distinction entre hybride à tendance argentée et hybride à tendance grande bouche n'a pu être faite. En effet, une étude du génotype est nécessaire pour pouvoir déterminer avec exactitude si l'espèce concernée est hybride ou pas.

Tableau VII : *Systématique des femelles*

| Femelle | Systématique |
|---------|---------------|
| 1 | Hybride |
| 2 | Hybride |
| 3 | Hybride |
| 4 | Hybride |
| 5 | Hybride |
| 6 | Hybride |
| 7 | Argentée spp. |
| 8 | Argentée spp. |
| 9 | Hybride |
| 10 | Hybride |

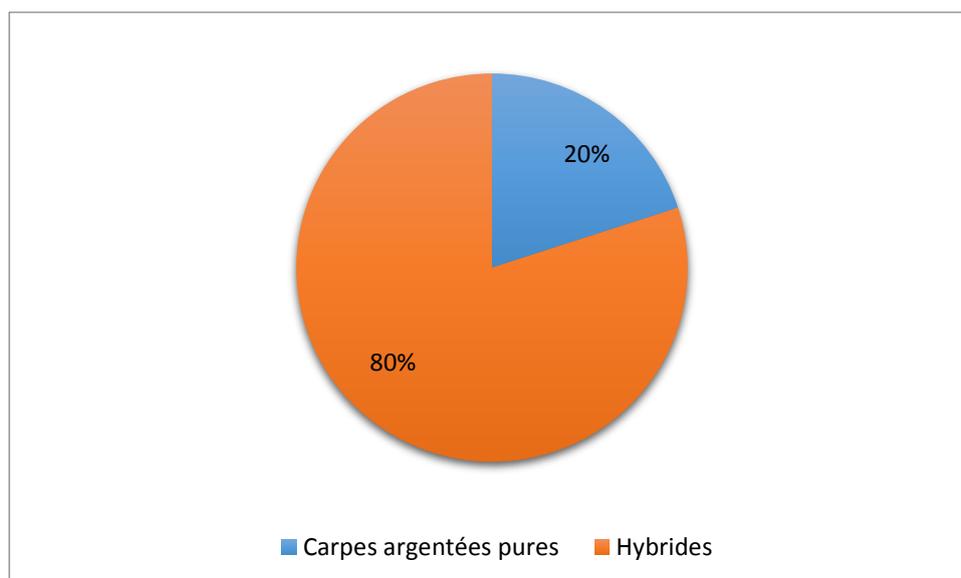


Figure 26 : *Systématique des géniteurs*

1.3. Réponse des femelles au traitement hormonal

Le nombre de femelles ayant répondu positivement au traitement hormonal ainsi que le nombre de degrés-heures permettant d'atteindre l'ovulation, pour chaque femelle, sont donnés dans le tableau VIII. Sur les 10 femelles induites, 7 ont répondu positivement au stripping. L'ovulation s'est produite environ 7 heures après la deuxième injection correspondant moyennement à 174,1 degrés-heures.

Tableau VIII : *Réponse des femelles au traitement hormonal*

| Femelle | Systématique | Réponse (+/-) | Nombre de degrés heures |
|---------|---------------|---------------|-------------------------|
| 1 | Hybride | - | |
| 2 | Hybride | + | 173,3 |
| 3 | Hybride | - | |
| 4 | Hybride | - | |
| 5 | Hybride | + | 174,1 |
| 6 | Hybride | + | 174,1 |
| 7 | Argentée pure | + | 175,2 |
| 8 | Argentée pure | + | 170,6 |
| 9 | Hybride | + | 177,4 |
| 10 | Hybride | + | 174,1 |

1.4. Rapport poids des œufs – poids des femelles

La quantité d'œufs pondue par chaque femelle ayant répondu à la stimulation ovarienne est donnée dans le tableau IX. La femelle dont le poids corporel est de 8 130 g a donné 652 g d'ovules, alors qu'aucune ponte n'a été obtenue par la femelle de 3 260 g. Les deux femelles pures ont donné au total 752 g d'ovules, alors qu'un hybride (femelle 10) a donné à lui seul 1 150 g d'ovules.

Tableau IX : *Poids des œufs et poids corporel*

| Femelle | Systématique | Poids (g) | Poids des œufs (g) |
|---------|---------------|-----------|--------------------|
| 1 | Hybride | 5 460 | 0 |
| 2 | Hybride | 6 000 | 510 |
| 3 | Hybride | 6 170 | 0 |
| 4 | Hybride | 3 260 | 0 |
| 5 | Hybride | 6 470 | 250 |
| 6 | Hybride | 5 670 | 490 |
| 7 | Argenté pure | 6 000 | 100 |
| 8 | Argentée pure | 8 130 | 652 |
| 9 | Hybride | 6 500 | 850 |
| 10 | Hybride | 6 750 | 1150 |

La relation entre poids des œufs et poids corporel des géniteurs est représentée dans la figure 27. Les résultats obtenus montrent une corrélation positive mais non significative entre la quantité d'ovules produite par les femelles et le poids corporel ($r = 0,55$).

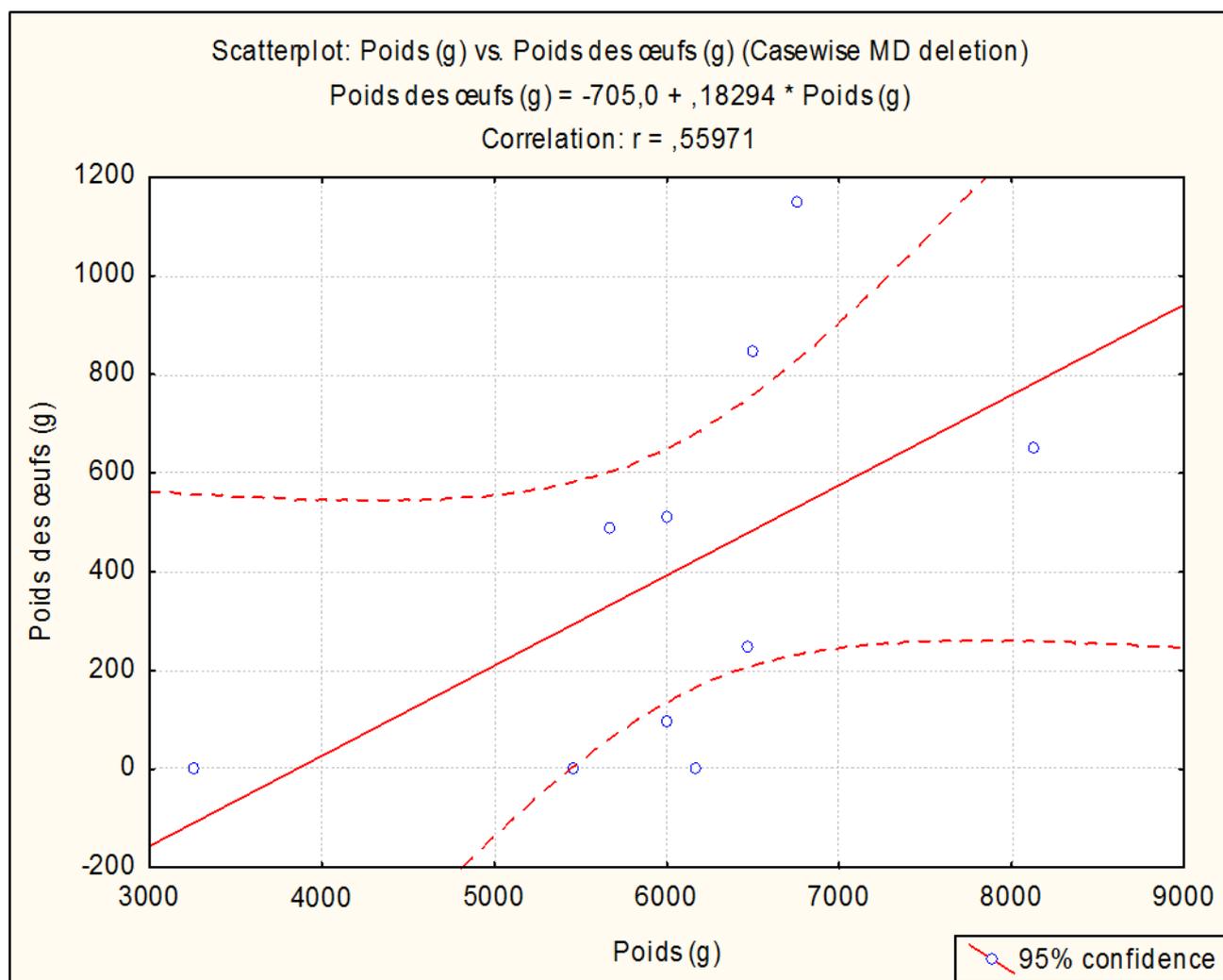


Figure 27 : Représentation des corrélations entre poids des œufs – poids corporel

1.5. Etude de la fécondité relative

Le tableau X indique le nombre d'ovules produits par gramme de poids du poisson après stimulation ovarienne. La fécondité relative moyenne varie entre $7,97 \pm 0,19$ et $69,94 \pm 3,75$ œufs/g de poids. La valeur maximale est attribuée à une femelle hybride.

Tableau X : Résultats de l'étude des différentes fécondités relatives

| Femelle | Systématique | Fécondité relative 1 (œufs/g de poids) | Fécondité relative 2 (œufs/ g de poids) | Fécondité relative moyenne (œufs/ g de poids) |
|---------|---------------|---|--|--|
| 1 | Hybride | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Hybride | 37,55 | 38,86 | 38,20 ± 0,65 |
| 3 | Hybride | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Hybride | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Hybride | 15,52 | 16,85 | 16,18 ± 0,66 |
| 6 | Hybride | 39,44 | 41,7 | 40,57 ± 1,13 |
| 7 | Argentée pure | 7,78 | 8,17 | 7,97 ± 0,19 |
| 8 | Argentée pure | 31,45 | 33,94 | 32,69 ± 1,24 |
| 9 | Hybride | 50,71 | 40,85 | 45,78 ± 4,93 |
| 10 | Hybride | 66,19 | 73,7 | 69,94 ± 3,75 |

Concernant la fécondité relative moyenne des femelles de type argentée pure, elle est égale à $20,36 \pm 17,48$ alors que celle des femelles de type hybride s'élève à $42,14 \pm 19,22$.

1.6. Relation entre poids corporel et fécondité relative

La figure 28 illustre la corrélation entre poids corporel et fécondité relative. L'interaction entre ces deux paramètres est faiblement positive ($r = 0,48$).

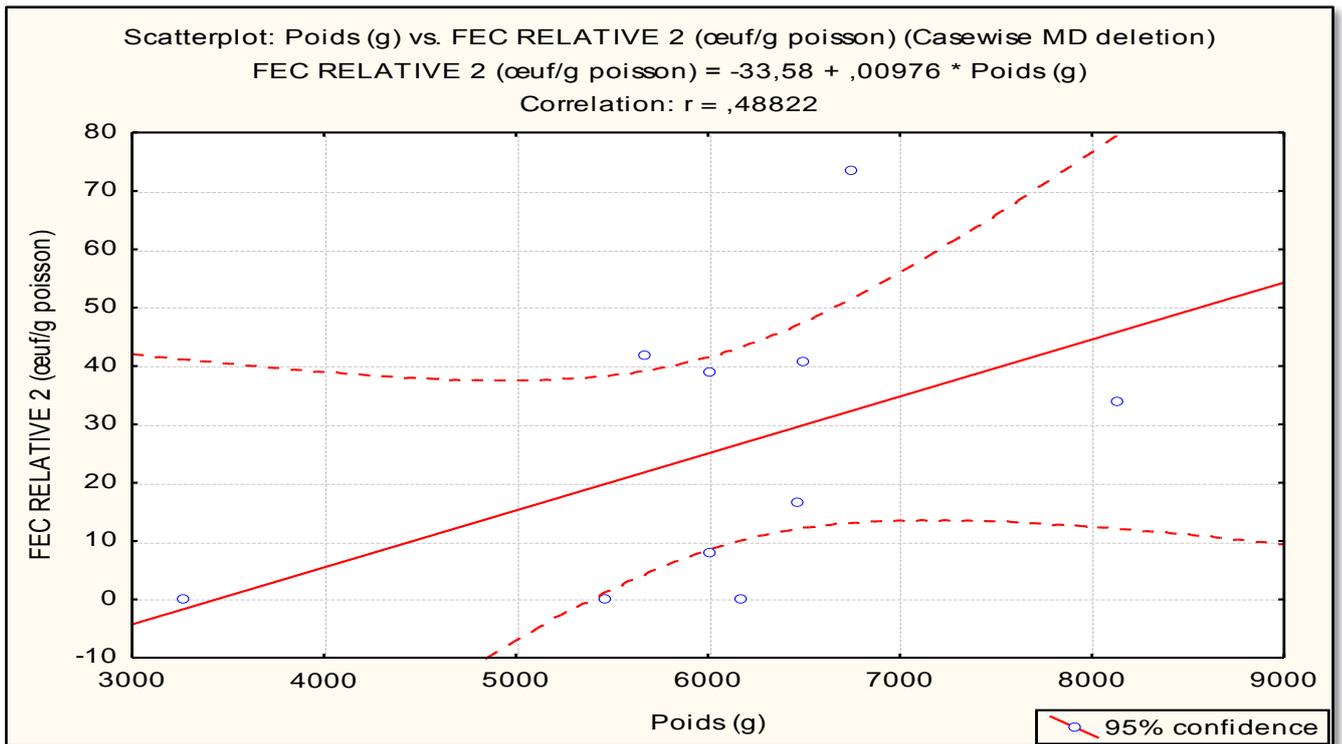


Figure 28 : Représentation des corrélations entre poids corporel – fécondité relative

Ces résultats suggèrent que le poids corporel a une faible influence sur la fécondité relative. Cependant, cette corrélation est non significative au seuil de 5% ($P > 0,05$).

1.7. Relation entre longueur totale et fécondité relative

La figure 29 représente la corrélation entre longueur totale et fécondité relative. Une relation faiblement positive est relevée ($r = 0.28$).

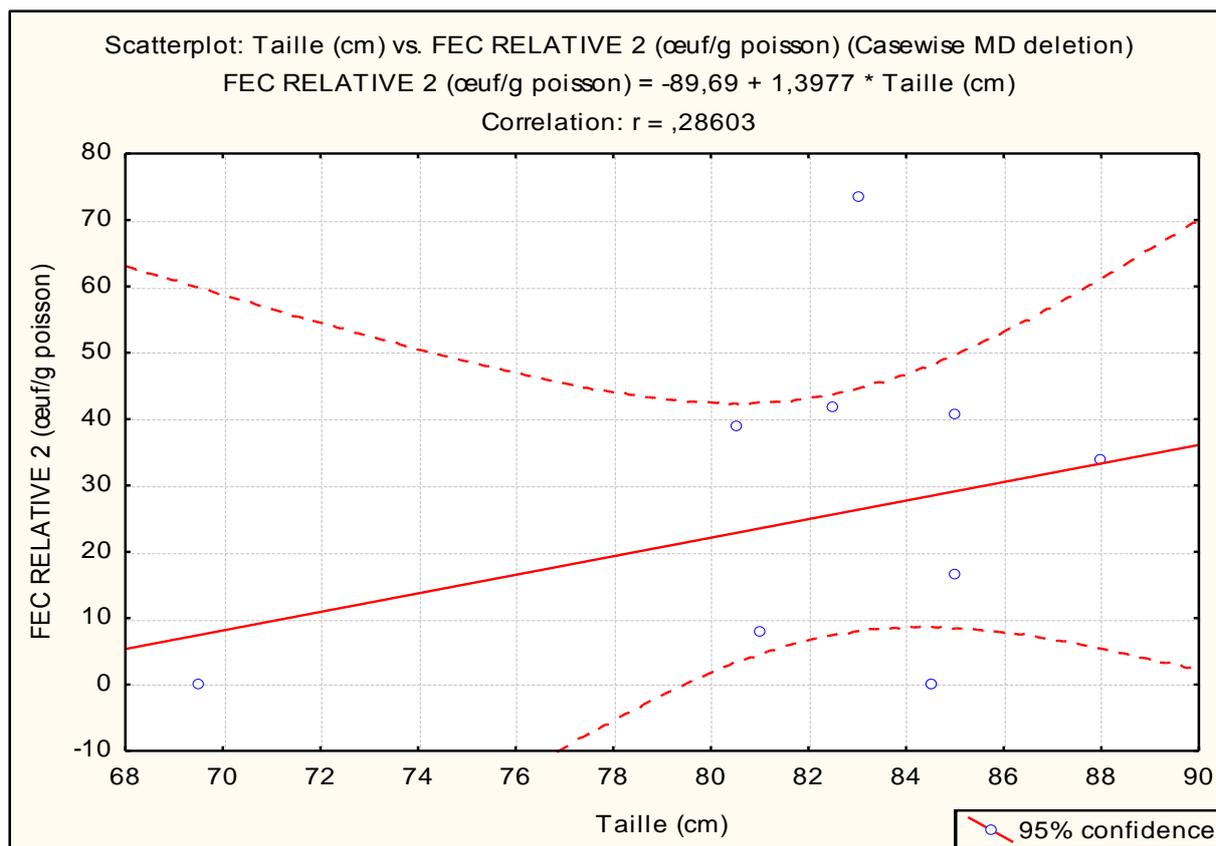


Figure 29 : Représentation des corrélations entre la taille totale – fécondité relative

D’après ce résultat, la taille totale des géniteurs a une influence très faible sur la fécondité relative. Cette corrélation n’est cependant pas significative au seuil de 5% ($P > 0,05$).

1.8. Estimation de la qualité des pontes

Le taux de fécondation, calculé à partir de 3 échantillons pour chaque femelle ayant pondu artificiellement, permet d’estimer la qualité de la ponte. Les résultats sont résumés dans le tableau XI.

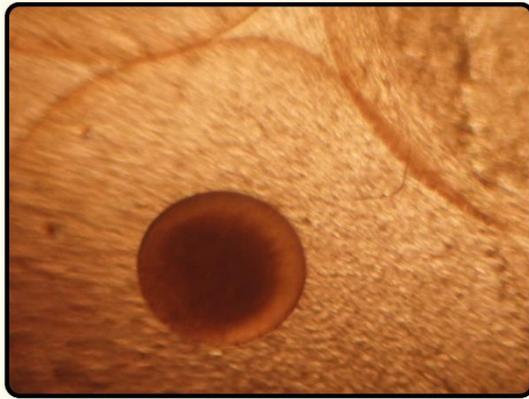
Les taux de fécondation varient entre 0 et $56,82 \pm 22,90\%$. Sur les 7 pontes récoltées, seulement deux hybrides ont présenté des taux de fécondation relativement faibles voir nuls ($2,65 \pm 2,30\%$ et 0%).

Tableau XI: Résultats des taux de fécondation

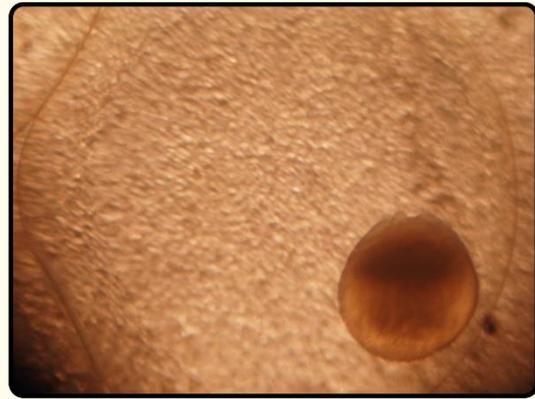
| Femelle | Taux de fécondation 1 (%) | Taux de fécondation 2 (%) | Taux de fécondation 3 (%) | Moyenne du taux de fécondation (%) |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 2 | 60 | 42,50 | 61,11 | 54,53± 10,43 |
| 5 | 50,79 | 40,28 | 37,84 | 42,97 ± 6,88 |
| 6 | 80 | 34,21 | 56,25 | 56,82 ± 22,90 |
| 7 | 24,56 | 14,75 | 5,41 | 14,90 ± 9,56 |
| 8 | 67,53 | 57,35 | 31,91 | 52,26 ± 18,35 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 3,85 | 4,11 | 0 | 2,65 ± 2,30 |

1.9. Développement embryonnaire

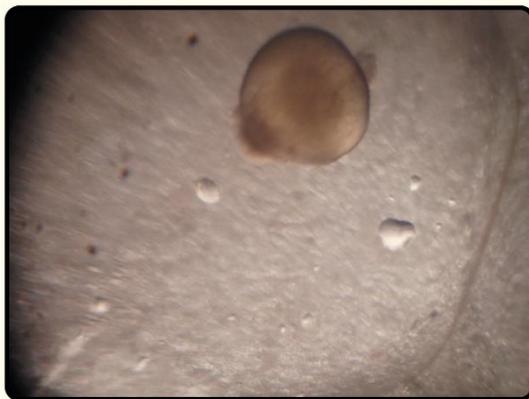
Le suivi du développement embryonnaire des œufs a été observé au moyen d'une loupe binoculaire. Un échantillon d'une dizaine de millilitre est prélevé toutes les 15 minutes de chaque bouteille de Zoug contenant les œufs fécondés. Les œufs sont observés et pris en photo. Le résultat de ce suivi est résumé dans la figure 30 suivante en prenant en exemple les œufs de la femelle 8 ayant pondus 652 g ovules. Ces œufs ont été incubés à 6 h 50.



a : oeuf fécondé gonflé



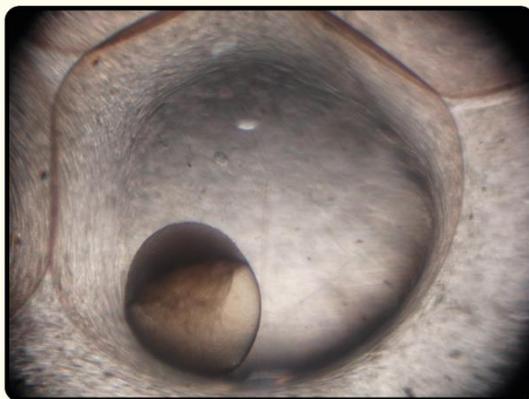
b : premier clivage



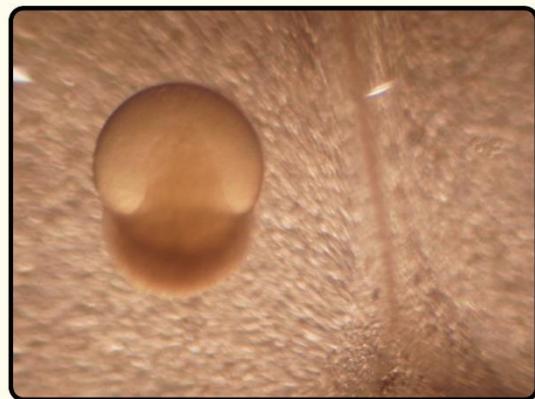
c : stade à 4 cellules



d : morula phase initiale

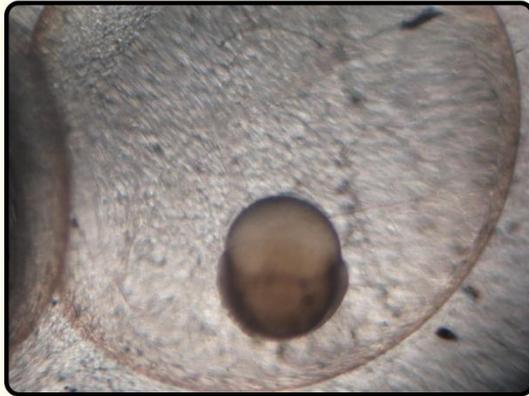


e : morula phase finale

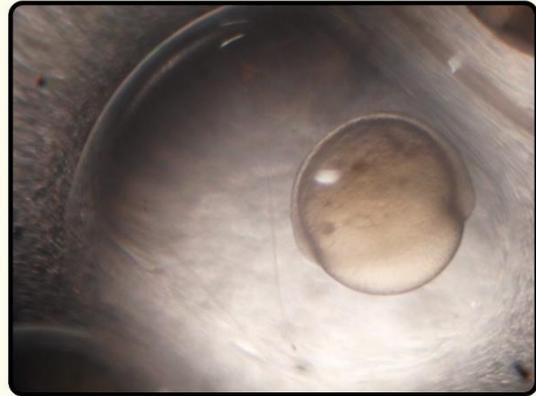


f : blastula

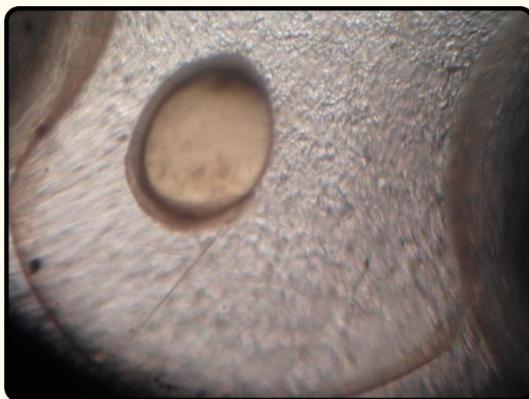
Figure 30 : *Suivi du développement embryonnaire des œufs de la carpe argentée (Photo originale)*



g : gastrula



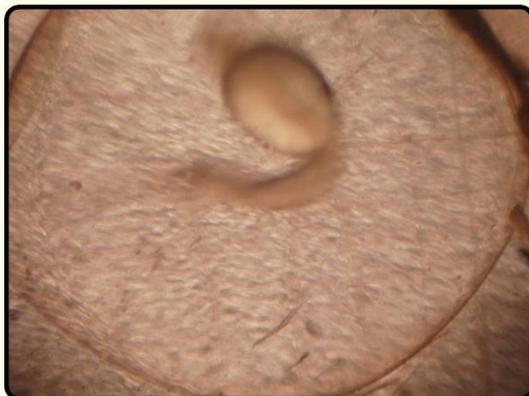
h : fermeture du blastopore 1



i : fermeture du blastopore 2



j : stade larvaire 1



k : stade larvaire 2



l : stade larvaire 3

Figure 30 : *Suivi du développement embryonnaire des œufs de la carpe argentée (suite)*
(Photo originale)

Les stades de développement embryonnaire illustrés dans la figure 30 sont comme suit :

A : Œuf fécondé gonflé, après 22 minutes d'incubation.

Après fécondation l'œuf continue à gonfler et se prépare ainsi à la division cellulaire.

B : premier clivage, après 1 h d'incubation.

L'œuf s'arrête de gonfler et commence la division cellulaire au niveau du pôle animal qui est facilement identifiable.

C : Stade à 4 cellules, après 2 h d'incubation.

La division cellulaire continue et le pôle animal commence à s'élever.

D : morula stade initial, après 3 h d'incubation.

La segmentation du pôle animal se succède. 16 cellules puis 32 cellules, ...etc.

E : morula stade final, après 4 h 20 min d'incubation.

L'œuf arrive au stade de 64 cellules et le blastoderme commence à se former et se développera en blastomère.

F : blastula, après 5 h 20 min d'incubation.

Le blastocèle se creuse à l'intérieur du blastomère.

G : gastrula, après 8 h 40 min d'incubation.

Transformation de la blastula en trois feuillets, la gastrula.

H, I : fermeture du blastopore, après 13 h d'incubation.

J, K, L : stade larvaire, après 26 h d'incubation.

2. Discussion générale

Dans certains plans d'eau du territoire algérien, exemptés de courant tel que le barrage d'Ain Abassa, les populations des carpes chinoises ne se maintiennent que grâce au repeuplement et le recours à la reproduction artificielle.

La technique de reproduction contrôlée des carpes argentée et à grande bouche utilisée au niveau de l'écloserie de Zaïri repose sur une méthode classique qui consiste en l'administration d'extraits bruts d'hypophyse de carpe pour les femelles.

Des opérations d'induction de ponte ont été réalisées le 13 et 15 Août 2015 sur 10 femelles dont 8 sont des hybrides. Les mesures morphométriques ont été effectuées. Le poids corporel moyen et la taille totale moyenne des femelles adultes sont respectivement de $6,041 \pm 1,22$ kg et $82,35 \pm 5,01$ cm. Ces mesures semblent attester de la maturité sexuelle des géniteurs. En effet, selon **Billard (1995)**, la maturité sexuelle de la carpe argentée est atteinte à un poids de 3 - 6 kg et une taille de 40 - 60 cm. La carpe à grande bouche est mature à 6 - 8 ans correspondant à une longueur totale de 70 - 80 cm.

Sur les 10 femelles induites, 7 ont pondu soit un taux de ponte de 70%. La quantité d'œufs produite varie entre 100 et 1 150 g. Des résultats différents ont été obtenus au cours de la période Juillet-Août 2012, au niveau de la même écloserie, soit un taux de ponte de 33,33 % (sur 42 femelles présentant un poids moyen de 14,74 kg, 14 ont pondu) avec une quantité d'œufs variant entre 930 et 2 362 g (**Laghoub, 2012**). Une expérimentation sur la reproduction artificielle de *Hypophthalmichthys molitrix* et *Hypophthalmichthys nobilis*, réalisée au niveau de la station piscicole du barrage de Harreza (wilaya d'Ain Defla), a donné d'autres résultats : sur 10 femelles dont 3 sont mortes suite à une chute brutale de la température, seulement 2 ont pondu 550 et 840 g d'ovules (**Meddour et al., 2005**). Un autre essai de ponte artificielle chez les carpes chinoises réalisé en 1966 au Cambodge a donné des résultats différents : 777, 875 et 700 g d'œufs ont été respectivement récoltés après stripping de deux carpes argentées et une carpe à grande bouche (**Lloze, 1967**). D'après le tableau XII, le nombre total d'œufs obtenu au cours de notre étude est relativement plus faible que celui obtenu par **Laghoub** au niveau de la même station. Ceci pourrait s'expliquer par certains facteurs tels que la saison de ponte, la température mais aussi les espèces (pures ou hybrides).

Tableau XII : Comparaison des résultats

| | Etude du 13 – 16 Août 2015 | Laghoub (Juillet – Août 2012) | Meddour et al., (2005) | Lloze (1967) |
|------------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------|
| Effectif | 10 | 23 | 10 | 3 |
| Poids moyen (kg) | 6,041 ± 1,22 | 14,74 | - | - |
| Taux de ponte (%) | 70 | 33,33 | 20 | 100 |
| Nombre total d'œufs (g) | 4 002 | 23 597 | 1 390 | 2 352 |

La fécondité relative des géniteurs varie entre $7,97 \pm 0,19$ et $69,94 \pm 3,75$ œufs / g de poids. Une influence faiblement positive de la longueur totale et du poids corporel sur la fécondité relative est notée. Cette corrélation n'est cependant pas significative. Ces résultats sont en discordance avec ceux trouvés au cours d'une étude sur la reproduction contrôlée et la fécondité de *Hypophthalmichthys molitrix* au Pakistan où une corrélation positive ($r = 0,708$) et hautement significative ($p < 0,001$) entre poids corporel et fécondité relative est observée (Naeem et al., 2005). Cette différence de résultat peut s'expliquer par le fait que 80% des femelles reçues sont des hybrides or selon la littérature les hybrides ont une faible fécondité.

Le type d'inducteur utilisé en pisciculture peut avoir un effet sur le rendement de la reproduction artificielle. lors de cette étude semble avoir un rôle sur la quantité d'œufs produite et la fécondité relative. En effet, la technique d'hypophysation présente quelques inconvénients. L'injection d'extraits bruts d'hypophyse de carpe suscite des interrogations sur leur pureté biologique. La qualité et l'efficacité de ces extraits hypophysaires pouvant contenir de nombreuses hormones n'ayant aucun lien avec la reproduction rendent leur activité spécifique plutôt aléatoire. De plus, l'activité d'un extrait hypophysaire dépend de l'âge, du sexe et du degré de maturité du donneur. Or, l'origine zoologique des extraits hypophysaires est rarement notée (Harvey & Hoar, 1980). Les taux de ponte semblent différer selon l'inducteur utilisé et le délai entre les deux injections. La gonadotrophine chorionique humaine (HCG) seule ou combinée avec un extrait d'hypophyse de mammifères s'est avérée efficace et économique pour provoquer la ponte chez *Hypophthalmichthys molitrix* et *Hypophthalmichthys nobilis* (Harvey & Hoar, 1980 ;

Tajuddin, 1978). Des taux de ponte de 100% ont été également obtenus après deux injections d'HCG, à intervalle de 6 heures, chez 8 carpes chinoises (4 argentées et 4 à grande bouche). Le même taux a été obtenu aussi chez 4 carpes argentées ayant reçu deux doses d'hypophyse de carpe dans un délai de 6 heures au cours d'une expérience effectuée au Bangladesh (**Ali & A.K.M.A, Hossain, 1984 ; Marte, C.L, 1989**). Et Selon **Laghoub (2012)**, des taux de ponte estimés à 29 et 50% ont été respectivement obtenu après utilisation de l'HCG en première injection et hypophyse de carpe en deuxième injection chez 31 femelles ; et deux doses d'Ovopel chez 8 femelles dans un délai 6 heures. Un délai de 10 heures entre les deux doses d'hypophyse de carpe, utilisées au cours de cette étude, a donné un taux de 70% de ponte. Un délai plus long entre les deux injections pourrait être à l'origine de la rétention des ovules dans les ovaires (phénomène de surmaturation).

La différence de ces résultats peut s'expliquer aussi par la dose hormonale utilisée. Selon **Harvey & Hoar (1980)**, la quantité d'hormone requise pour provoquer l'ovulation varie en fonction du degré de maturité des ovocytes. L'échec des essais d'hypophysation est probablement imputable à une évaluation imprécise du développement des œufs. Le prélèvement par cathétérisme et l'examen des œufs semblent actuellement l'approche la plus prometteuse pour déterminer la maturité sexuelle.

Les taux de fécondation varient entre $2,65 \pm 2,30$ et $56,82 \pm 22,90$ % et seulement les œufs provenant d'une seule ponte n'ont pas été fécondés. Ceci peut avoir pour cause la qualité de l'ovule mais aussi celle du sperme. En effet, tous les mâles ayant reçu une dose d'Ovopel étaient spermiantes, seulement leur motilité n'a pas été étudiée. Des taux de motilité de 65, 100 et 100% correspondant respectivement à 2 hybrides à tendance argentée et à grande bouche ont été observés par **Laghoub (2012)** et ont donné des taux de fécondation de plus de 50%.

En ce qui concerne le développement embryonnaire, l'embryon au stade morula est extrêmement sensible aux secousses qui peuvent arracher les cellules de la surface de l'œuf et provoquer ainsi la destruction de l'œuf (**FAO, 2015**). Un débit d'eau élevé provoquant un courant d'eau trop fort pourrait donc mener à des pertes d'œufs. Cela peut être la raison des pertes d'œufs enregistrées pour la femelle 9. En effet selon **Harvey & Hoar (1980)**, le débit d'eau doit être maintenu à 1 – 2 litres / min. Cependant, lors de notre expérimentation, le débit d'eau était de 3,5 litres / min.

La durée du développement embryonnaire diffère en fonction de la température d'incubation et de l'espèce en question. A une température d'incubation optimale de 22 – 25 °C, *Hypophthalmichthys molitrix* a une durée d'incubation de 1 jour à 1,5 jour. Quant à *Hypophthalmichthys nobilis*, la durée du développement embryonnaire est de 1 à 1,5 jour pour une température optimale de 26 – 30 °C (FAO, 2015). Ceci correspond aux résultats obtenus au cours de cette expérimentation puisque la température moyenne d'incubation était de 24°C et la durée écoulée entre l'incubation et le stade larvaire était de 26 heures.

CONCLUSION

Conclusion

En aquaculture, la reproduction artificielle repose sur l'administration de substances exogènes agissant directement sur les processus physiologiques, et/ou sur la manipulation des facteurs environnementaux externes.

En Algérie, de 1985 à 2001, les carpes chinoises, *Hypophthalmichthys molitrix* et *Hypophthalmichthys nobilis*, constituaient les principales espèces utilisées pour le repeuplement des plans d'eau. Leur reproduction contrôlée repose principalement sur l'induction hormonale de la ponte et constitue une alternative à l'importation d'alevins. La reproduction naturelle de ces espèces est en effet extrêmement difficile en dehors de leur milieu natif.

L'administration d'extraits d'hypophyse de carpe a été effectuée chez 10 carpes chinoises femelles de type argentée et hybride argentée/grande bouche au niveau de l'écloserie Zaïri. Un taux de ponte de 70% a été observé et un total de 4 002 g d'œufs a été récolté. Une faible influence des paramètres morphométriques (poids corporel total et longueur totale) sur la fécondité relative a été également observée. Cette dernière a été estimée à une valeur variant entre $7,97 \pm 0,19$ et $69,94 \pm 3,75$ œufs / g de poids corporel. Des injections d'Ovopel ont été réalisées chez 10 mâles pour un rendement de laitance plus intéressant.

Au vu des résultats obtenus, certaines voies de recherche mériteraient d'être approfondies et développées. Elles devront en priorité porter sur :

- La maîtrise du concept de reproduction artificielle ;
- La manipulation des paramètres environnementaux, notamment la température et le taux d'oxygénation de l'eau, pour stimuler l'ovulation en captivité ;
- Le contrôle des paramètres physico-chimiques de l'eau. Ces derniers peuvent en effet atteindre des niveaux critiques non tolérés pour la reproduction de l'espèce ;
- L'introduction d'une méthode précise de biopsie ovarienne pour une évaluation de la maturation des gonades ;
- L'étude de la fécondité qui représente un véritable censeur de l'efficacité des inducteurs hormonaux utilisés par les pisciculteurs.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- ANDI (Agence Nationale de Développement de l'Investissement). (2013). « Wilaya de Sétif ».
- Ali, D.M. and A.K.M.A. Hossain. (1984). « Status of carp hatcheries of Bangladesh ». (Abstract). Pages 13-14. *In* : R.C. May, R.S.V. Pullin, V.G. Jhingran, editors. Summary report of the Asian Regional Workshop on Carp Hatchery and Nursery Technology. Manila, Philippines, 1-3 February, 1984. ICLARM Conference Proceedings 11.
- Bauchrowitz Martina. Juin (2008). « Le poisson zèbre joue les modèles ». Article thématique, Eawag news, Institut de Recherche de l'Eau du domaine des EPF. 64f.
- Benia, F., Khaznadar, M., Kaabeche, M. Février (2013). « Biodiversité faunistique de deux zones humides de la retenue collinaire d'El Ouricia (région de Sétif) et du barrage Ain Zada (région Bordj Bou Arréridj) ». 1^{er} colloque national sur les zones humides (CNZH 1) - Université de M'sila, Faculté des Sciences, Département des Sciences de la Nature et de la Vie.
- Billard Rolland. (1986). « Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species ». *Journal Reproduction Nutrition Development*. 26 (4), 877-920.
- Billard Rolland. (1995). « Les carpes, biologie et élevage ». Institut National de la Recherche Agronomique.
- Billard Roland. (1997). « Les poissons d'eau douce des rivières de France ». Editions Delachaux et Niestlé, 192 pages.
- Bobe J., Labbé C. (2010). « Egg and sperm quality in fish ». *General and Comparative Endocrinology* 165, 535-548.
- Bruslé J., Quignard J.P. (2001). « Biologie des poissons d'eau douce européens ». Editions Technique & Documentation (1^{ère} édition).
- Bruslé J., Quignard J.P. (2013). « Biologie des poissons d'eau douce européens ». Collection Aquaculture & Pisciculture. Editions Technique & Documentation (2^{ème} édition).
- Castets, M.D. (2011). « Fonction de reproduction et régulation de la qualité chez la perche commune *Perca fluviatilis* ». Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques - Institut National Polytechnique de Lorraine.

- CNEXO (Publications du Centre National pour l'Exploitation des Océans). Mai (1979). « Aquaculture extensive et repeuplement ».
- CNRDPA (Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et l'Aquaculture). (2011). « Opération de reproduction des carpes chinoises - Campagne nationale de peuplement et repeuplement des plans d'eau ».
- Cyr D., Eales J.G. (1996). « Interrelationships between thyroidal and reproductive endocrine systems in fish ». *Rev. Fish Biology. Fish.* 6, 165-200.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2011). « Cultured Aquatic Species Information Programme *Hypophthalmichthys molitrix* ». Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Yang, N. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2012). « La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture ». Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2015a). « FAO Aquaculture Newsletter N° 53 ».
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2015b). « Global Aquaculture Production statistics database update to 2013. Summary information. Fisheries and Aquaculture Department ».
- Fauvel C., Suquet M., Cosson J. (2010). « Evaluation of fish sperm quality ». *Journal of Applied Ichthyology.* 26, 636-643.
- Genten, F., E. Terwinghe, A. Danguy. (2012). « Histologie illustrée du poisson ». Collection Savoir-faire. Editions Quae.
- Harvey, B.J., Hoar, W.S. (1980). « La reproduction provoquée chez les poissons: théorie et pratique ». Publication du Centre de Recherches pour le Développement International, Ottawa.
- Jean-Petit. (1999). « Environnement et Aquaculture ». Tome I - Aspects techniques et économiques. Institut National de la Recherche Agronomique.
- Kjorszvik E., Mangor-Jensen, Holmefjord I. (1990). « Egg quality in fishes ». *Advances in Marine Biology.* 26, 71-113.

- Kolar CS, Chapman DC, Courtenay WR, Housel CM, Williams JD, Jennings DP. (2005). « Asian carps of the genus *Hypophthalmichthys* (Pisces, Cyprinidae) - A biological synopsis and environmental risk assessment - ». US Geological survey, La Crosse, Wis. Report to US Fish and Wildlife Service per Interagency Agreement 94400-3-0128.
- Laghoub Abbas. (2012). « Reproduction artificielle des carpes chinoises en Algérie : Développement et maîtrise ». Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de médecin vétérinaire. Université Saad Dahlab Blida 1. Institut des Sciences Vétérinaires.
- László Horváth, Gizella Tamás, Chris Seagrave. (1992). « Carp and Pond Fish Culture. Including Chinese Herbivorous Species, Pike, Tench, Zander, Wels Catfish and Goldfish ». Fishing News Books.
- Lésel René. (2015). « La pisciculture, une production d'avenir? ». Académie d'Agriculture de France.
- Lévêque C., Bruton M. N., Ssentongo G. W. (1994). « Biology and Ecology of African Freshwater Fishes ». Editions de l'ORSTOM.
- Lévêque, C., Paugy, D. (2006). « Les poisons des eaux continentales africaines - diversité, écologie, utilisation par l'homme ». IRD Editions (Institut de Recherche pour le Développement).
- Lloze R. (1967). « A propos d'un essai de ponte artificielle chez les carpes de Chine ; *Aristichthys nobilis* et *Hypophthalmichthys molitrix* ; élevées au Cambodge ».
- Lubzens E., Young G., Bobe J., Cerdà J. (2010). « Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed ». *General and Comparative Endocrinology* 165, 367-389.
- Marte, C.L. (1989). « Hormone-induced spawning of cultured tropical finfishes ». Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, ILOILO, Philippines. Pp 519-539.
- Mebarki A. (2005) « Hydrologie des bassins de l'Est algérien: Ressources en eau, aménagement et environnement » Thèse de doctorat d'Etat, Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, Département de l'aménagement du territoire, 360 p.
- Meddour, A., Rouabah, A., Meddour-Bouderda, K., Loucif, N., Remili, A., Khatal, Y. Juin (2005). « Expérimentations sur la reproduction artificielle de *Sander lucioperca*, *Hypophthalmichthys molitrix* et *Aristichthys nobilis* en Algérie ». *Sciences & Technologie C* – N°23, pp 63 - 71.

- Migaud Hervé. (2002). « Influence des variations de la température et de la photopériode sur le cycle de reproduction et la qualité des pontes de la perche commune *Perca fluviatilis* ». Thèse de Doctorat en Sciences Animales - Université Henri Poincaré, Nancy 1.
- Naeem Muhammad ; Abdus Salam ; Farha Diba & Atifa Saghir. (2005). « Fecundity and Induced Spawning of Silver Carp, *Hypophthalmichthys molitrix* by using a Single Intramuscular Injection of Ovaprim-C at Fish Hatchery Islamabad, Pakistan ». *Pakistan Journal of Biological Sciences* 8 (8): 1126-1130.
- Rinchar J., Kestemont P., Kühn E.R., Fostier A. (1996). « Comparative study of reproductive biology in single and multiple spawner cyprinid fish. Morphological and histological features ». *Journal Fish biology*. 49, 883-894.382.
- Teletchea Fabrice & Le Doré Yannick. (2011). « Etude sur l'élevage des carpes dites chinoises en France et évaluation de leur possible reproduction naturelle dans les cours d'eau Français ». Rapport final du laboratoire UR AFPA (Unité de Recherche Animal & Fonctionnalités des Produits Animaux).
- UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources). (2007). « Interactions entre l'aquaculture et l'environnement ». Guide pour le développement durable de l'aquaculture méditerranéenne.
- UniProt. (2002-2015). « Taxonomy- *Hypophthalmichthys nobilis* (Bighead carp) (*Aristichthys nobilis*) ». <http://www.uniprot.org/taxonomy/7965>
- Wehner & Gehring. (1995). « Biologie et physiologie animales - bases moléculaires, cellulaires, anatomiques et fonctionnelles - ». De Boeck Université – Thieme Verlag.
- Wheeler, A. (1969). « The fishes of the British Isles and North-West Europe ». Michigan State University Press, East Lansing, Michigan. 613 pp.
- Woynarovich. (1982). « Technologies de Reproduction des Carpes Chinoises Principales ». Document technique MAG/76/002 - N°10. Service de la production animale, Projet de développement des pêches continentales et de l'aquaculture. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
- Źarski, Daniel, Dariusz Kucharczyk, Katarzyna Targońska, Marta Jamróz, Sławomir Krejszef, Andrzej Mamcarz. (2009). « Application of Ovopel and Ovaprim and their combinations in controlled reproduction of two reophilic cyprinid fish species ». *Polish Journal of Natural Sciences*. Vol 24 (4): 235 - 244.

ANNEXE

Annexe I



Bassins extérieurs de 2 m³ (Photo originale)



Bassin intérieur de 3 m³ (Photo originale)



Incubateurs (Photo originale)



Géniteur femelle dans son bassin (Photo originale)



Hypophyse de carpe sous forme de granulés (Photo originale)